

Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden
Forschung und Anwendung GmbH
Prof. Oschatz – Prof. Hartmann – Prof. Werdin

Energetická účinnost a nákladová efektivnost elektrického vytápění v kombinaci s fotovoltaickými systémy — fáze 1

Zákazník:	MAGNUM Heating Group B.V.	Stevinweg 8 4691 SM Tholen NIZOZEMÍ
	Danfoss A/S	Ulvehavevej 61 7100 Vejle, Syddanmark DÁNSKO
	EBECO AB	Lärjeågatan 11 415 02 Göteborg ŠVÉDSKO
	FENIX GROUP a.s.	Šárecká 37 16000 Praha 6 ČESKÁ REPUBLIKA
	KIMA Heating Cable AB	Dragevägen 5 / Box 2024 281 01 Hässleholm ŠVÉDSKO
	nVent Thermal Belgium NV	Romeinse straat 14 3001 Leuven BELGIE
	OJ Electronics A/S	Stenager 13 B 6400 Sønderborg DÁNSKO
Dodavatel:	Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden Forschung und Anwendung GmbH	Tiergartenstraße 54 01219 Dresden Německo
	Autoři/editoři: Prof. Dr.-Ing. Bert Oschatz Dipl.-Ing. Bettina Mailach Dipl.-Ing. (FH) Jens Rosenkranz	

Drážďany 24.7.2020

Obsah

Obsah	3
1 Úvod	5
2 Způsob výpočtu a vstupní data	6
2.1 Obecné	6
2.2 Exemplárně vybrané evropské země	6
2.3 Exkurze: EN 15316 / DIN 18599	6
2.4 Sdílená vstupní data	7
2.4.1 Modelová stavba	7
2.4.2 Stavební systémy	9
2.4.3 Parametry použití	9
2.5 Exkurze: Elektrická náročnost domácích spotřebičů	10
2.6 Finální energetická náročnost, povětrnostní podmínky a fotovoltaika	11
2.7 Primární energie	12
2.8 Rovnováha nákladovosti	13
2.8.1 Obecné	13
2.8.2 Náklady na energii	13
2.8.3 Investice, náklady na údržbu a opravy	15
3 Výsledky	23
3.1 Obecné	23
3.2 Energetická bilance	23
3.2.1 Obecné	23
3.2.2 Finální energie	23
3.2.3 Primární energie	30
3.3 Náklady na energii	33
3.4 Celková roční bilance nákladů	36
4 Relevantnost a dopad přímého elektrického vytápění v obytných budovách	43
4.1 Počet vhodných obytných jednotek	43
4.2 Primární energetická náročnost	44
4.2.1 Obecné	44
4.2.2 Exkurze: primární energie a jiné indikátory dopadu na životní prostředí	44
4.2.3 Souhrnné výsledky	45

Reference	52
Příloha	54
Denostupně	54
Insolace	54
Průměrná celková energetická náročnost modelové stavby	54
Energetická bilance a náklady na energii	54
Nákladová bilance	61

1 Úvod

Se snižující se spotřebou energie k vytápění obytných budov díky zvyšování tepelné izolace a vzduchotěsnosti se rozvodná síť stává ekologičtější a fotovoltaické systémy (FS) levnější, kombinace elektrického vytápění a FS se může z ekonomického i ekologického pohledu stát schůdnější možností.

V zastoupení *Bundesverband Flächeneheizungen und Flächenkühlungen e. V.* (BVF; federální asociace povrchového vytápění a chlazení), provedla společnost ITG srovnání několika možností výroby tepla (na bázi paliv i plně elektrických) kombinovaných s fotovoltaickými systémy z hlediska

- energetické účinnosti,
- nákladové efektivnosti a
- zvolené metody zohlednění využitelného výstupu FV.

Tato studie převádí výše zmíněná kritéria na exemplárně vybrané evropské země. Tento převod zahrnuje podmínky jednotlivých zemí týkajících se klimatu, primární energie a příslušných nákladů – např. přizpůsobení čisté/finální energetické náročnosti a výstupu FV, využití pro jednotlivé země specifických primárních energetických faktorů, cen energie a investičních nákladů. Pro jednotlivé země specifická legislativa, režimy dotací / podpory a podobně však nebudou zkoumány.

2 Způsob výpočtu a vstupní data

2.1 Obecné

Tato studie srovnává různé varianty stavebních systémů pro rodinné domky z hlediska energetické účinnosti a nákladové efektivnosti exemplárně pro určité evropské země. Z toho důvodu je nutné znát pro každou variantu následující množství specifická pro jednotlivé země:

- Finální energetická náročnost a FV zisky (základy pro primární energetickou náročnost a náklady na energii)
- Primární energetické faktory
- Ceny energie (domácnosti)
- Investiční náklady na srovnávané stavební systémy

Zde použitý způsob výpočtu energetické náročnosti je na základě EN 15316 [1]¹ (viz. 2.3). Data specifická pro jednotlivé země se získávají z následujících zdrojů:

- Statistický úřad Evropské unie (Eurostat)
- Národní statistické úřady
- Společné výzkumné středisko Evropské komise (JRC)
- Členové EUHA (zejména vstup o nákladech na energii a investice)

2.2 Exemplárně vybrané evropské země

Tato studie má za cíl srovnání různých variant staveb / stavebních systémů z evropské perspektivy. Budou předloženy výsledky pro následující země:

- Německá spolková republika (Německo/DEU)
- Česká republika (CZE)
- Francouzská republika (Francie/FRA)
- Nizozemí (NLD)
- Švédské království (Švédsko/SWE)

2.3 Exkurze: EN 15316 / DIN V 18599

Tato studie používá hodnoty energetické náročnosti na základě EN 15316 / DIN V 18599 [1, 2, 3]¹. Tyto standardy popisují způsob výpočtu roční energetické náročnosti budovy na základě

- parametrů použití (vnitřní teploty, rychlosti výměny vzduchu, doby použití, atd. pro různé případy použití jako rezidenční užití, kanceláře a tak dále),
- povětrnostních podmínek (průměrné měsíční vnější teploty, insolace, atd.)
- tepelných vlastností a vzduchotěsnosti pláště budovy a
- typu a účinnosti stavebních systémů (HVAC).

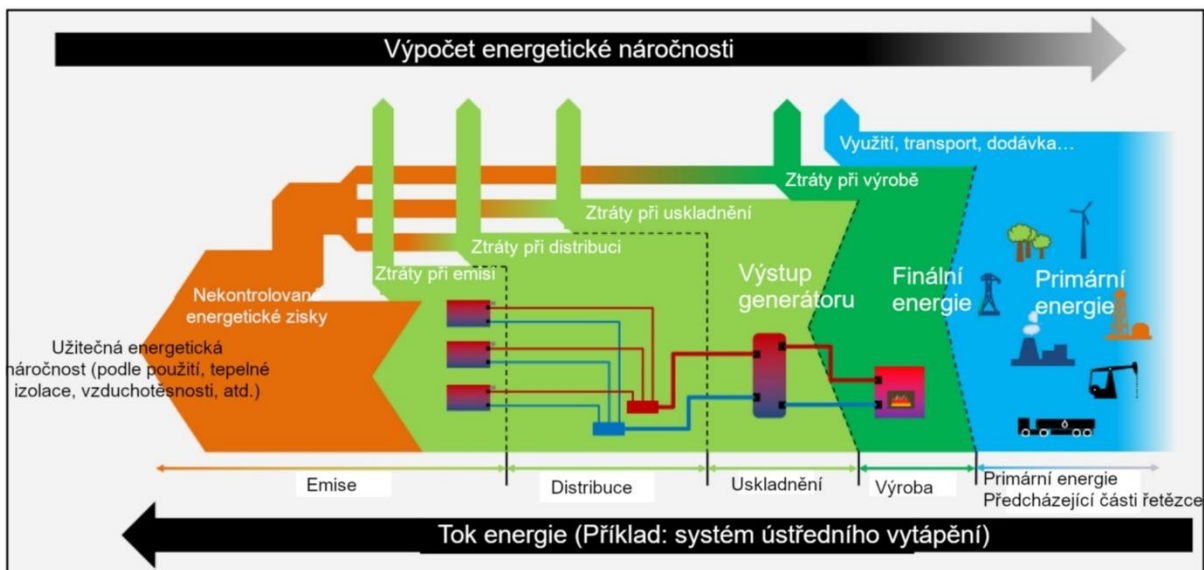
Tato metoda zdůvodňuje energetickou náročnost s ohledem na

- vyhřívání a chlazení,
- ventilaci a klimatizování,

¹ Používá se komerčně dostupný ucelený software pro výpočty energetické náročnosti na základě DIN V 18599– EN 15316 a DIN V 18599 se většinou vzájemně zrcadí.

- výrobu teplé vody a
- osvětlení (pouze v nerezidenčních budovách),
pokud jde o produkci tepla/chladu i doplňující energie.

Výchozí bod výpočtu energetické náročnosti je výpočet požadovaného množství užitečné energie – například určité množství tepla potřebného k vytápění části budovy nebo budovy jako celku, což určují převážně parametry použití, tepelná izolace, vzduchotěsnost a externí a interní tepelné zisky. Na základě požadovaného množství užitečné energie se přidání příslušných ztrát na emisní systémy, distribuci, atd. vypočítá finální a primární energetická náročnost – Obrázek 1 zobrazuje zjednodušeným způsobem tok výpočtu (zleva doprava versus tok energie zprava doleva).



Obrázek 1 Směr výpočtů energetické náročnosti podle EN 15316 / DIN V 18599 versus směr toku energie.

Metodu lze využít k předpovědi, mimo jiné,

- výstupu generátoru (př. množství tepla potřebného z tepelného generátoru k započtení všech ztrát mezi emisí tepla a výrobou tepla),
- spotřeby finální energie a
- na základě spotřeby finální energie spotřeby primární energie, nákladů na energii a emisí znečišťujících látek

v průměrných podmínkách. Proto je velmi vhodná pro systematické změny parametrů, např. porovnání

- různých možností stavebních systémů pro daný účel (např. výroba tepla přes plynový kotel versus tepelné čerpadlo, atd.),
- různé úrovně tepelné izolace a tak dále.

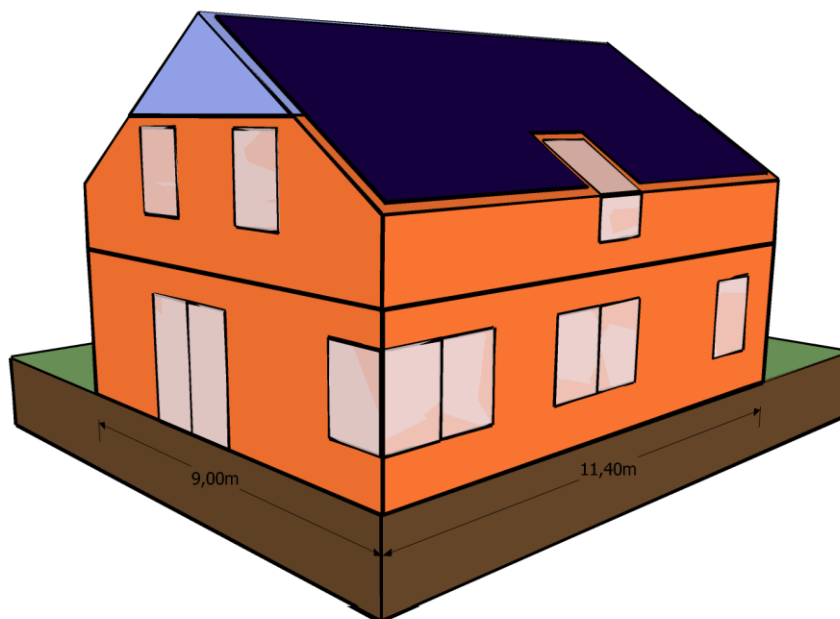
Tato metoda je většinou na základě měsíční energetické bilance za každý měsíc v roce. Poskytuje jak měsíční výsledky, tak výsledky za celý rok.

2.4 Sdílená vstupní data

2.4.1 Modelová stavba

Výpočty modelují rodinný domek (samostatně stojící, bez společných zdí s jinými budovami) na dvě různé úrovně tepelné izolace, obě orientované směrem k náročné straně stupnice v nových budovách.

Modelová stavba má 2 (1,5) podlaží a celkovou obytnou plochu asi 150 m². Tepelný plášť budovy je tvořen vnějšími zdi, podlahovou deskou (bez sklepa), spodní částí sedlové střechy a nejvyšším stropem.



Obrázek 2 Modelová stavba, Zjednodušená ilustrace

Tabulka 1 Vlastnosti budovy

Vlastnost			Úroveň tepelné izolace	
			Vysoká	Velmi vysoká
Tepelná propustnost, hodnota U	Zdi	W/m ² K	0,20	0,13
	Střecha		0,15	0,13
	Podlahová deska		0,25	0,20
	Okno		0,90	0,70
	Dveře		1,70	1,40
	Tepelné mosty		0,03	
Vzduchotěsnost, n ₅₀	h ⁻¹	1,0		
Geometrie	Vnější objem, V _e	m ³	554	
	Čistá podlahová plocha ^d	m ²	162	
	A _{NGF}			
	Obytný prostor, A _w	m ²	150	
	A/V _e	m ⁻¹	0,74	

- a Vnímání daných hodnot jako “velmi vysoká”, “mírná”, “vysoká”, atd. úroveň izolace závisí na běžných stavebních praktikách, nařízeních, atd., které jsou pro jednotlivé země specifické. Podle vstupu od členů EUHA lze předpokládat, že daná čísla, jelikož nejsou přizpůsobena požadavkům souvisejících s EPBD v každé zemi, jsou v měřítku reprezentativní pro nové obytné domy směrem k energeticky úspěšnějšímu konci spektra.
- b Přidána hodnota U ke každému prvku budovy
- c Objem definován tepelným pláštěm budovy
- d Celková vnitřní podlahová plocha, pouze beze stěn

2.4.2 Stavební systémy

Budou porovnány následující kombinace stavebních systémů:

Tabulka 2 Varianty stavebních systémů

Č.	Vytápění pokojů Výroba	Emise	Domácí ohřev vody	FV baterie	Zkratka
1	Kondenzační plynový kotel	Podlahové vytápění (35/28°C)	Zásobník teplé vody, sdílení zdroje tepla s pokojovým vytápěním	Ne	Kotel + zásobník teplé vody
2	Elektrické vzduchové teplené čerpadlo			Ano	ASHP + zásobník teplé vody
3			Průtokový ohřívač vody	Ano	ASHP + průtokový ohřívač vody + baterie
4	Elektrické podlahové vytápění		Elektrický ohřívač vody s tepelným čerpádem ^a	Ne	EUFH + ohřívač vody s tepelným čerpádem
5					
6				Ano	EUFH + elektr. zásobník teplé vody + baterie
7			Elektrický průtokový ohřívač vody		EUFH + průtokový ohřívač + baterie

a Vnější vzduch jako zdroj tepla

Všechny varianty jsou vybaveny stejným ventilačním systémem a stejnými fotovoltaickými moduly.

Předpokládá se, že polovina sedlové střechy je většinou pokryta FV moduly. To odpovídá ploše modulů zhruba 50 m² a špičkovému výkonu asi 9 kW, když jsou nové.

Všechny varianty s průtokovým ohřívačem vody (č. 3 a 7) jsou vybaveny baterií; ze dvou variant s přímo vytápěnými zásobníky vody (č. 5 a 6) je jedna vybavena baterií a jedna ne. Kapacita baterie je nastavena na 1 kilowatt hodinu na instalovaný kilowatt výkonu FV modulu (→ 9 kWh).

Tabulka 3 Vlastnosti stavebního systému společně pro všechny varianty

Systém/vlastnost			Hodnota
FV systém	Plocha modulu	m ²	49,8
	Typ článku		Monokrystalický křemík
	Špičkový výkon	kW _{peak}	8,16 průměr v průběhu 25 let ^a (9,06 pro nové moduly)
	Orientace	-	S
	Úhel (∧ sklon střechy)	°	37
Ventilační systém	Typ		Dodávka/spotřeba s rekuperací tepla
	Doba provozu ročně		Pouze topná sezóna ^b

^a Celkové snížení výkonnosti FV se bere v úvahu zjednodušeným způsobem: Předpokládaný špičkový výkon nových modulů se snižuje na 90 % (± průměr za 25 let za předpokladu lineárního snížení výkonnosti ze 100 na 80 %).

^b V EN 15316 / DIN V 18599 délka vypočtené topné sezóny závisí na celkové tepelné bilanci, jako taková také bere v úvahu interní tepelné zisky. Proto energetickou poptávku na ventilaci (nastavení: pouze topná sezóna) neovlivňuje pouze tepelná izolace, ale také varianta stavebního systému (rozdíl v interních návratných tepelných ztrátách). V rámci této studie je však délka topné sezóny nastavena pro jednotlivé země na pevnou hodnotu na základě denostupňů specifických pro danou zemi a typickou mezní teplotu vytápění pro moderní vzduchotěsné a vysoce izolované stavby (viz také 2.4.1, 2.6) – toto mírné zjednodušení nemá významný vliv na celkové výsledky, ale předchází situacím, kde by mohla energetická náročnost ventilačního systému v rámci jedné země a jedna úroveň tepelné izolace mezi různými variantami "poskakovat".

2.4.3 Parametry použití

Předpokládají se následující parametry použití:

Tabulka 4 Parametry použití

Doba provozu systému vytápění	h/d	23
Vnitřní teplota	°C	20
Minimální rychlost výměny vzduchu	h ⁻¹	0,45
Užitečná energetická náročnost pro ohřev vody	kWh/m ² d	8,5

Chování uživatele mohou ve skutečnosti ovlivnit také “měkké faktory” jako vnímaná energetická účinnost budovy a její systémy HVAC – a tedy očekávání, jaké náklady na energii jejich použití přinese. Například se zvyšující se energetickou účinností můžeme často vidět, že se nevyužívá část potenciálu na úsporu energie, ale místo toho se využívá na vyšší komfort. Pro tuto studii se však předpokládá, že všechny varianty (tepelná izolace a stavební systémy) jsou provozovány na základě stejných parametrů použití a stejné nebo velmi podobné úrovně komfortu. Tak je umožněno jasné srovnání mezi různými variantami na základě objektivních/měřitelných parametrů účinnosti pro daný případ použití.

2.5 Exkurze: Elektrická náročnost domácích spotřebičů

V této studii je množství použitelné elektrické energie FV systému vydáno proti elektrické náročnosti budovy – včetně elektřiny potřebné k vytápění místností a ohřevu vody, ventilaci a pro domácí spotřebiče (kuchyňské spotřebiče a přístroje na záznam a reprodukci zvuku nebo obrazu a podobná zařízení).

Národní zvyky s ohledem na používání elektřiny se mohou významně lišit v závislosti na elektrické infrastruktuře, ceně energie a tak dále. Tabulka 5 ukazuje odhadované hodnoty spotřeby na domácnost na základě statistických údajů. Zdrojová data však nerozčleňují celkovou spotřebu na specifická použití – např. jaké procento jde na HVAC nebo domácí spotřebiče.

Zatímco Německo, Česká republika a Nizozemí vykazují podobné hodnoty spotřeby na domácnost, ve Francii a Švédsku jsou zjištěny mnohem vyšší hodnoty.

Tabulka 5 Spotřeba elektřiny v domácnostech (Eurostat)

Země	Celková spotřeba domácností 2011 [GWh/a]	Obytné jednotky 2001	Spotřeba na obytnou jednotku	Poznámky
Německo	128 200	37 957 000	3 378	• Nízké procento elektrického vytápění • Hodnota blízká standardní hodnotě DIN V 18599:2019
Česká republika	15 050	4 216 085	3 570	• Podobné Německu
Francie	158 330	23 808 072	6 650	• Patrně vyšší procento elektrického vytápění (ve srovnání s Německem)
Nizozemí	22 971	6 866 302	3 345	• Podobné Německu
Švédsko	45 068	3 115 399	14 466	• Velmi vysoká spotřeba • Patrně velmi vysoké procento elektrického vytápění

Předpokládá se, že

- využití elektřiny je pro
 - Německo,
 - Českou republiku a
 - Nizozemí

velmi podobné, a že elektrické vytápění, i když se v těchto zemích používá, ve výše uvedených číslech nepřevažuje a

- vyšší hodnoty pro Francii a Švédsko jsou způsobeny převážně relativní převahou elektrického vytápění a ne, nebo pouze do určitého rozsahu, rozdíly v domácích spotřebičích.

Porovnáním hodnot spotřeby elektřiny na obytnou jednotku odhadovaných v této podkapitole vypočtených po kapitolách 2.1, 2.4 a 2.5 bylo zjištěno následující: Pro Francii se celková spotřeba elektřiny na obytnou jednotku, jak bylo odhadnuto výše, nachází v rozmezí dále vypočtených hodnot elektrické náročnosti pro varianty elektricky vytápěné modelové stavby, pokud náročnost na domácí spotřebiče zůstane na $63 \text{ Wh/m}^2_{\text{NGFD}^2}$. Pro Švédsko se celková odhadnutá spotřeba elektřiny na obytnou jednotku z tabulky 5 zdá vysoká ve srovnání

s rozmezím elektrické náročnosti, které bylo spočítáno na základě $63 \text{ Wh/m}^2_{\text{NGFD}}^2$ – lépe odpovídá specifická elektrická náročnost obytné jednotky zvýšená na asi $100 \text{ Wh/m}^2_{\text{NGF}}$.

Předpokládají se následující hodnoty náročnosti domácích spotřebičů:

Tabulka 6 Odhadovaná elektrická náročnost modelové stavby pro domácí spotřebiče (tj. bez HVAC)

Země	Elektrické domácí spotřebiče	
	Specifické [$\text{Wh/m}^2_{\text{NGFD}}$]	Modelová stavba $A_{\text{NGF}} 162\text{m}^2$ [kWh/a]
Německo	63	3 733
Česká republika	63	3 733
Francie	63	3 733
Nizozemí	63	3 733
Švédsko	100	7.110

2.6 Finální energetická náročnost, povětrnostní podmínky a FV

V této studii jsou hodnoty finální energetické náročnosti podle EN 15316 a - z důvodu snadno dostupného uceleného výpočetního softwaru - německého ekvivalentu DIN V 18599¹ (p. 6). Tam, kde se musí hodnoty energetické náročnosti převést mezi různé evropské země, je použit zjednodušený přístup na základě poměru denostupňů mezi zdrojovou a cílovou zemí:

$$Q_{f,target,mth} = Q_{f,target,a} * \frac{DD_{target,mth}}{DD_{target,a}}$$

Rovnice 1
Převod elektrické náročnosti roční → měsíční

$$Q_{f,target,a} = Q_{f,source,a} * \frac{DD_{target,a}}{DD_{source,a}}$$

Rovnice 2
Převod elektrické náročnosti mezi zeměmi

$$DD_{...mth} = (\vartheta_{e,limit} - \vartheta_{e,mth}) * d_{mth}$$

Rovnice 3
Měsíční denostupně

$Q_{f,target}$

Finální energetická náročnost v cílové zemi

$Q_{f,source}$

Finální energetická náročnost ve zdrojové zemi

DD_{target}

Denostupně cílové země

DD_{source}

Denostupně zdrojové země

$\vartheta_{e,limit}$

Průměrná vnější teplota, při které se zapne/vypne systém vytápění
V případě dobré tepelné izolace, jak se zde předpokládá (tabulka 1), lze předpokládat teplotu kolem 10°C

$\vartheta_{e,mth}$

Průměrná měsíční vnější teplota

$...a$

roční / za rok

$...mth$

měsíční / za každý měsíc v roce

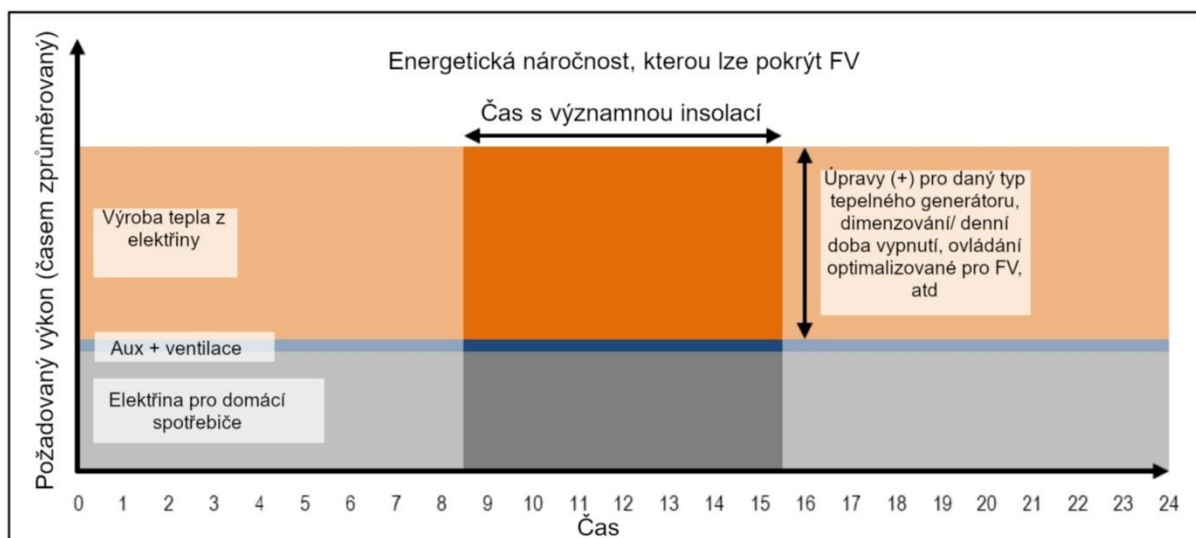
Využitelné množství elektřiny dodané FV systémem se počítá na bázi údajů o průměrném měsíčním záření a parametrů FV systému (viz. tabulka 3). Pak se vydá proti elektrické náročnosti budovy na základě metody Lichtmeß [4]³: Tento přístup převádí hodnoty elektrické (energetické) náročnosti na střední hodnoty výkonu a potom integruje tyto výkony během denního časového úseku s výraznou insolací, tak se převádí zpět na energii. Obrázek 3 tento přístup zjednodušeným způsobem ilustruje.

² Standardní hodnota DIN V 18599-10

³ Oba přístupy jsou také použity ve verzi DIN V 18599 [3] z roku 2018.

Pro generátory tepla se aplikují různé úpravy faktoru ve využití výstupu FV specifickém pro systém, např.:

- Všeobecně nižší využití okamžité/průtokové typy ohřivačů vody⁴
- Vliv velikosti tepelného generátoru / zásobníku (kompenzace za dobu vypnutí)
- Vliv optimalizovaného ovládání FV nebo “připravenosti pro inteligentní sítě”



Obrázek 3 Část energetické náročnosti budovy, kterou by mohl pokrýt FV systém; na základě přístupu Lichtmeß' [4]

V této studii se používají následující zdrojové materiály, pokud jde o povětrnostní podmínky a sluneční záření (viz. také příloha: Denostupně a insolace):

Tabulka 7 Zdroje údajů o povětrnostních podmínkách

Země	Zdroj		
Německo	Standardní německé hodnoty pro Potsdam ^a		
Česká republika	Průměrné měsíční hodnoty vypočtené z údajů ^b TMY pro	Praha	50°05'N 14°25'E
Francie		Paříž	48°51'N 02°21'E
Nizozemí		Amsterdam	52°22'N 04°54'E
Švédsko		Stockholm	59°20'N 18°03'E

a Reference TMY (TRY) podle DIN V 18599-10:2018-09 [3]

b Zdrojová data (typický meteorologický rok / TMY) jsou získána z projektu PVGIS [5] Společného výzkumného střediska Evropské komise (JRC) a nejsou vstupem do výpočtu, ale jsou nejdříve zpracována:

- Průměrné hodinové hodnoty slunečního záření na horizontálu z TMY se úhrnem zpracovávají do průměrných měsíčních hodnot a odpovídají faktoru ve sklonu střechy a orientaci.
- Průměrné hodinové hodnoty vnější teploty se úhrnem zpracovávají do průměrných měsíčních hodnot a převádí na denostupně pro mezní teplotu vytápění 10 °C.

2.7 Primární energie

Primární energetická náročnost se počítá z hodnot finální energetické náročnosti, které jsou pro danou zemi specifické (viz 2.3–2.6), a faktorů primární energie specifických pro danou zemi. Předpokládají se následující faktory primární energie:

⁴ Protože průtokové ohřivače vody zahřívají vodu téměř okamžitě, když jimi protéká, vyžadují poměrně velký výkon – modely pro univerzální použití se obvykle nachází v rozmezí mezi 18 kW a 24 kW. FV systémy namontované na střeše, jak se zde předpokládá, mají obvykle špičku při významně nižším výkonu a v průměru dokonce dodají méně. Proto je možné požadavek na pokrytí průtokového ohřevu vody pokrýt FV systémem pouze z určitého procenta. Přidáním baterie se tento efekt o něco sníží, ale bude stále přetrvávat.

Tabulka 8 Faktory primární energie

Země	Faktor primární energie [$\text{kWh}_{\text{prim}}/\text{kWh}_{\text{fin,HI}}$]	
	Zemní plyn	Elektřina (výkon sítě)
Německo	1,1	1,8
Česká republika	1,0	2,6
Francie	1,0	2,3 ^a
Nizozemí	1,0	1,45 ^a
Švédsko	1,0 ^b	1,6

a K 2021

b Ve Švédsku má zemní plyn a dálkové vytápění stejný faktor primární energie (1,0).

Kromě faktorů primární energie specifických pro jednotlivé země se neberou v úvahu národní předpisy. Zde uvedené primární energetické náročnosti mohou být brány jako odhadované hodnoty primární spotřeby energie (na základě průměrných měsíčních hodnot; viz. také 2.3). Avšak hodnoty primární energetické náročnosti vypočtené z certifikátů energetické náročnosti podle národních předpisů / implementace EPBD se od nich mohou odchylovat v závislosti na předpisech specifických v jednotlivých zemích, metodě výpočtu a rozsahu.

V této studii se na elektřinu pro vlastní použití ze FV systému nahlíží jako na elektřinu nevytvořenou. To odpovídá buď kompenzaci výstupu FV pro vlastní použití proti náročnosti na úrovni finální energie nebo, provádí-li se místo toho na úrovni primární energie, použití stejného faktoru primární energie jako pro vytvořenou elektřinu. Na výstup FV pro výkup se nahlíží jako na elektřinu, která nebyla vyprodukována konvenčním způsobem, a hodnotí se stejně jako síťový výkon. Tedy elektřina k vlastnímu použití i vykoupená elektřina vyrovnají náročnost budovy ve stejné hodnotě na kilowatthodinu. ⁵

2.8 Rovnováha nákladovosti

2.8.1 Obecné

V této studii jsou zprůměrované celkové roční náklady na základě přístupu popsáném ve VDI pokyn 2067 část 1 [6] a dány pro každou variantu. Tyto celkové roční náklady zahrnují následující položky:

- Kapitálové náklady (zprůměrované roční investiční náklady)
- Celkové náklady na energii včetně HVAC a domácích spotřebičů
 - Energie čerpaná ze sítě (plyn, elektřina), zohlednění náročnosti budovy i výstupu FV pro vlastní použití
 - Bonus za vykoupenou elektřinu na základě tarifu
- Náklady na údržbu a opravy

2.8.2 Náklady na energii

Náklady na energii se počítají s cenami energie specifickými pro jednotlivé země tak, jak jsou zjištěny ze statistických údajů (Eurostat [7, 8]) nebo je poskytují členové EUHA.

Předpokládají se následující ceny:

⁵ Jiné přístupy jsou možné. Například výstup FV by se mohl jevit jako výhodnější nebo méně výhodný pro síť, a proto je ohodnocen jinak než síťový mix. Neexistuje žádná společná evropská metoda nebo pravidla. Abychom uvedli skutečný příklad, i když ne na FV: V Německu je výstup elektřiny ze zařízení na kombinovanou výrobu energie ohodnocen jinak než všeobecný mix elektřiny – je to provedeno na bázi argumentu, že kombinovaná výroba energie převážně nahrazuje elektřinu z výroben, které jsou méně efektivní, pokud jde o primární energii.

Tabulka 9 Spotřebitelské ceny energií

Země	Spotřebitelské ceny energií [€/kWh _{fin, HI}], včetně daně apod.				
	Zemní plyn	Elektřina			
		Čerpaná ze sítě		Výkup z FV do sítě	
		Tarif	Platí pro	Tarif	Způsob vyrovnání
Německo	0,0752	Obecné užití: 0,3088 Vytápění: 0,2	Varianta 1, HVAC + domácnost Varianta 2-7, pouze HVAC	-0,0944	Peněžní hodnoty (čerpaná a výkup se počítají odděleně)
Česká republika	0,0586	Obecné užití: 0,1748 Vytápění: 0,117	Varianta 1, HVAC + domácnost Varianta 2, 4-6 ^a , HVAC + domácnost	-0,04	
Francie	0,1049	Vysoký: 0,1667 ^b Nízký: 0,1195 ^b	Varianta 1, HVAC + domácnost Varianta 2-7, pouze HVAC	-0,10	
Nizozemí	0,0921	Obecné užití: 0,2250	Varianty 1-7, HVAC + domácnost (není zaveden žádný snížený tarif pro vytápění)	-0,05	Roční hodnota (pouze buď vykoupená, nebo čerpaná na konci roku)
Švédsko	0,087 ^c	Nízký: 0,128	Varianty 1-7, HVAC + domácnost (nízký tarif není aplikovatelný na nic, žádný rozdíl)	-0,005	Peněžní hodnoty (čerpaná a výkup se počítají odděleně)

- a Průtokové ohřívače vody nejsou v ČR běžné, protože základní ceny elektřiny závisí na požadavku stavby na proudovou intenzitu. Nebudou zobrazeny žádné náklady/ceny u variant s průtokovým ohřívači vody (3, 7).
b Zprůměrováno z čísel od různých členů EUHA i z vysokých/nízkých a denních/nočních cenových režimů
c Ve Švédsku jsou náklady na zemní plyn přibližně stejné jako na dálkové vytápění na kilowatt hodinu.

Předpokládá se, že výše uvedené ceny jsou skutečné ceny na kilowatt, které také zahrnují základní ceny, pokud/tam kde jsou zavedeny a významné.⁶

V rámci jedné země většinou existuje několik poskytovatelů energií, kteří dodávají stejný zdroj energie za různé ceny a/nebo v různých cenových režimech. Předpokládá se, že výše uvedená čísla, která poskytují/kontrolují členové EUHA, představují průměrné ceny pro každou zemi.

V úvahu je brána energetická náročnost pro HVAC (viz. 2.3–2.6) i domácí spotřebiče. Energetická náročnost pro domácí spotřebiče je odhadována na základě standardní hodnoty DIN-V-18599 63 Wh/m²_{NGF} a/nebo statistických údajů specifických pro danou zemi o spotřebě energie na domácnost (viz. 2.5).

Pokud jde o různé tarifní režimy pro elektřinu/FV, mělo by se uvést následující:

1. Ve všech zemích, na které se zde zaměřujeme, je elektřina čerpaná ze sítě dražší než vykoupená elektřina – to znamená, že za kilowatt hodinu čerpané elektřiny se zaplatí více, než lze dostat za vykoupenou kilowatt hodinu. Tento cenový rozdíl může mít určitý vliv na způsob, jakým jsou FV systémy dimenzovány vzhledem k požadavkům stavby na energii. Ale pro danou stavbu a daný FV systém tento cenový rozdíl sám o sobě nezvýhodňuje skutečné vlastní použití (viz. následující odrážka).
2. Pro danou stavbu (\cong fixovaná elektrická náročnost) a FV systém (\cong fixovaný výstup FV),
 - tarifní systém na základě hodnot skutečné spotřeby (Německo, Česká republika, Francie, Švédsko) může v závislosti na cenách čerpané a vykoupené energie zvýhodňovat buď skutečně vlastní použití, nebo výkup – obvykle se podporuje maximalizace vlastního použití –, zatímco

⁶ Tam, kde byly ceny energie dány jako samostatné základní roční ceny a ceny za kilowatt hodinu, byly základní fixní ceny převedeny do částek na kilowatt hodinu na základě hodnot zprůměrované spotřeby (viz. příloha: Průměrná celková energetická náročnost modelové stavby) a přidaných cen na kilowatt hodinu.

Příklad výpočtu

Cena energie: 100 €/a a 0,10 €/kWh

Průměrná energetická náročnost pro tento zdroj energie: 7.000 kWh/a

Účinná cena energie: 0,10 €/kWh+100 €/a=7000 kWha=0,1143 €/kWh

- tarifní systémy na základě celkové roční bilance (Nizozemí) nemohou rozlišit, zda jde o skutečné vlastní použití/výkup, a proto nezvýhodňují žádnou. To znamená, že u "holandského přístupu" na základě roční bilance, pokud jde o náklady na energii, neexistuje pobídka používat technologie, které by zvyšovaly vlastní spotřebu jako
 - kontrolní systémy/strategie optimalizované pro FV,
 - kombinace elektrického vytápění a ukládání tepla nebo
 - (elektrochemické) baterie.

Samozřejmě by mohla být zavedena jiná opatření, která by ovlivňovala celkovou bilanci vlastního využití/výkupu, jako dotace, restrikce, atd.

2.8.3 Investice, náklady na údržbu a opravy

V rámci této studie termín *investiční náklady* uvádí všechny investiční náklady související se stavebním systémem, který se může mezi zahrnutými variantami výrazně lišit. Tabulka 10 poskytuje stručný přehled zahrnutých nákladových položek.

Tabulka 10 Položky investičních nákladů, sumarizovaný přehled

Nákladová položka	Varianta						
	1 Kotel + nádrž na teplou vodu	2 ASHP + nádrž na teplou vodu	3 ASHP + průtokový ohřivač + baterie	4 EUFH + ohřivač vody s teplem čerpadlem	5 EUFH + el.zásobník teplé vody	6 EUFH + el.zásobník teplé vody + baterie	7 EUFH + průtok. ohřivač + baterie
Výroba tepla z pokojového vytápění <ul style="list-style-type: none"> • centrální tepelný generátor (kotel nebo tepelné čerpadlo) • čerpadlo • ovládání • montážní zařízení 		•			--		
Systém podlahového vytápění <ul style="list-style-type: none"> • podlahové topení na 150 m² podlahové plochy <ul style="list-style-type: none"> o hydronické: topné hadice a distribuce tepla uvnitř budovy (potrubní rozvody, izolace, armatury, montážní zařízení) o elektrické: elektrické topné kabely/rohože • montážní systém • kontrola pokojové teploty • podlahový potěr 		• (hydronický)			• (elektrický)		
Domácí ohřev vody <ul style="list-style-type: none"> • tepelný generátor pro ohřev vody (centrální zásobní nádrž, průtokový ohřivač, atd.) • montážní zařízení 	• (centrální)		• (necentrální)		• (centrální)		• (necentrální)
Distribuce vody/teplé vody <ul style="list-style-type: none"> • potrubní rozvody, izolace, armatury, montážní zařízení • oběhové čerpadlo v případě centrálního ohřevu vody 	• (závisí na centrálním/necentrálním ohřevu vody)						
Plynové/elektrické rozvody <ul style="list-style-type: none"> • plynové/elektrické rozvody pro tepelné generátory apod. uvnitř budovy (ne rozvodná síť do budovy) 	• (závisí na komponentech, které budou instalovány/napojeny)						
Přípojka plynu <ul style="list-style-type: none"> • plynová přípojka z rozvodné sítě do budovy 	•				--		
Komín <ul style="list-style-type: none"> • Komín (konstrukce) se systémem pro kouřové plyny 	•				--		
Ventilační systém <ul style="list-style-type: none"> • Systém přívodní/odtahové ventilace s rekuperací tepla • potrubí, přívody/odvody Montážní zařízení 	• (identické pro všechny varianty)						

Nákladová položka	Varianta						
	1 Kotel + nádrž na teplou vodu	2 ASHP + nádrž na teplou vodu	3 ASHP + průtokový ohřívač + baterie	4 EUFH + ohřívač vody s teplem čerpadlem	5 EUFH + el.zásobník teplé vody	6 EUFH + el.zásobník teplé vody + baterie	7 EUFH + průtok. ohřívač + baterie
FV systém • panely do prostoru střechy ~50m ² s ~9kW _{p,new} (8, 16 kW _{p,25a}) • invertor • instalační materiál a montážní zařízení	• (identické pro všechny varianty)						
Baterie • baterie na bázi lithia s ~9kWh • instalační materiál a montážní zařízení	--	•	--	--	--	--	•

Investiční náklady na systémy HVAC se mohou mezi jednotlivými zeměmi výrazně lišit, hlavní vliv mají

- národní předpisy,
- výdajová schopnost a ochota,
- dotace
- cenové přizpůsobení místním trhům,
- ceny energií,
- tradice/zvyky/předpojatost atd.

V rámci této studie jsou ceny pro zkoumané země, jak jen je to možné, na základě vstupu od členů EUHA, kteří jsou v těchto zemích aktivní. Není-li podán žádný vstup, jsou investiční náklady odhadnuty.

Tabulka 11 Zdroje investičních nákladů

Země	Zdroj	Poznámky/details
Německo	Vlastní výpočet	Na základě zprůměrovaných katalogových cen, obvyklých slev prodejce, mzdových nákladů, marží a daní
Česká republika	Fenix	Ceny dané pro některé položky naznačují průměrnou úroveň nákladů asi 80% ve srovnání s Německem
Francie	Danfoss, Fenix	Dané ceny naznačují průměrnou úroveň nákladů asi 110...120% ve srovnání s Německem
Nizozemí	Magnum	Podobné Německu, ale nižší náklady na FV systémy
Švédsko	Ebeco	Podobné Německu

Pro investice týkající se HVAC komponent se předpokládá úroková sazba 3 % a běžná životnost. Náklady na opravy se počítají na základě standardních hodnot daných ve VDI 2067; pravidelné průběžné náklady (inspekce, údržba, pojištění) jsou založeny na běžné hodinové mzdě, sazbách na služby a pojištění.

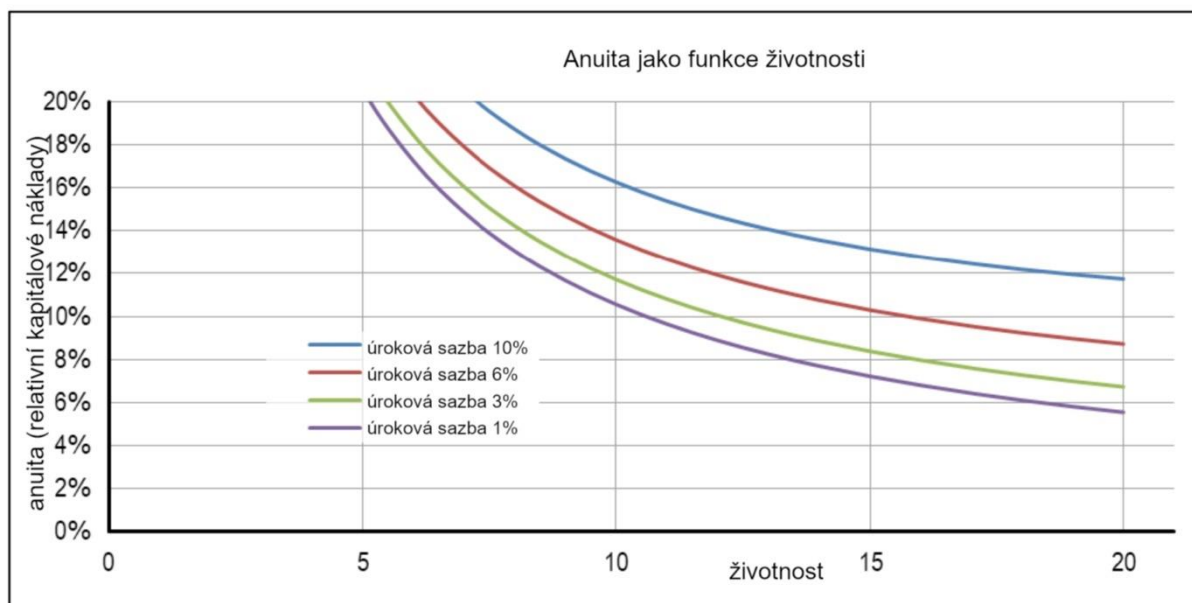
Tabulka 12 Běžná životnost a roční náklady na opravy a údržbu

Systém/komponenta	Životnost [a] ^a	Roční náklady jako procento vstupních investičních nákladů	
		Opravy ^b	Údržba ^c
Kondenzační plynový kotel	18	1,50%	2,92%
Tepelné čerpadlo	18	1,00%	1,32%
Hydronické podlahové vytápění	50	1,00%	0
Elektrické podlahové vytápění	50	2,00 0,50% ^d	0
Zásobní nádrž teplé vody	20	1,00%	0,63%
Průtokový ohřívač vody	15	1,00%	0
Distribuce teplé vody	30	0,50%	0
Elektrické/plynové instalace a napojení k síti	50	1,00%	0
Komín	50	1,00%	1,59%
Ventilační systém	20	0,60%	1,67%
FV systém (volitelně s baterií)	25	0	0,86%

a Standardní hodnoty VDI 2067 [6]

- b Opravy nekryté pravidelnou údržbou, zprůměrované v průběhu životnosti; Standardní hodnoty VDI 2067 [6]
- c Pravidelné průběžné náklady na inspekce/údržbu a pojištění; Vlastní kalkulace/výzkum (na základě běžné hodinové mzdy a/nebo sazeb za služby v oblasti inspekci/prací údržby, pojištění atd.), převedeno na procenta
- d Standardní hodnota podle VDI nákladů na opravy podlahových otopných systémů (2 %) se jeví nereálně vysoká – znamenalo by to průměrné roční náklady na opravy ve výši 140...180 €. Pro tuto studii byla hodnota změněna na 0,5 % ($\approx 35...45$ €/a).

Obrázek 4 zobrazuje vztah mezi životností komponenty a ročními investičními náklady – daná procenta odkazují na vstupní investiční náklady komponenty.



Obrázek 4 Roční investiční náklady na komponentu jako funkce její životnosti pro různé úrokové sazby

Tabulky 13 až 17 poskytují odhadnuté investiční náklady předpokládané pro každou zemi. Také se předpokládá, že byly tyto náklady zcela zaplacený – dotace (pokud/tam kde jsou zavedeny) nejsou zkoumány.

Energetická účinnost a nákladová efektivnost elektrického
Vytápění v kombinaci s fotovoltaickými systémy

Tabulka 13 Investiční náklady související se stavebním systémem včetně materiálu, transportu, práce a daní; Německo

Varianta	1	2	3	4	5	6	7
Výroba tepla pro vytápění pokojů <i>centrální generátor tepla (kotel nebo tepelné čerpadlo), čerpadlo, ovládání, montážní zařízení</i>	Kondenzační plynový kotel c.12 kW: 3.600€	Elektrické vzduchové tepelné čerpadlo <i>s domácím ohřevem vody</i> 6,2kW: 10.200€ 5,3kW: 9.700€		<i>bez domácího ohřevu vody</i> 5,7kW: 10.000€ 4,8kW: 9.500€		--	
Systém podlahového vytápění 150m ² <i>Podlahové topné hadice/kabel/rohož, montážní systém/zařízení, ovládání pokojové teploty, podlahový potěr</i>	Hydronické podlahové vytápění (35/28°C) <i>Podlahové topné hadice, rozvodné potrubí, distribuce tepla uvnitř budovy (hadice, izolace, armatury, montážní zařízení)</i> 11.300€			Elektrické podlahové vytápění <i>Systém elektrického podlahového vytápění (př. topný kabel/rohož)</i> 9.000€			
Domácí ohřev vody	Zásobní nádrž na teplou vodu, sdílení generátoru tepla s vytápěním pokojů <i>standardní nádrž</i> 1.600€	<i>nádrž specifická pro vodní čerpadlo</i> 2.900€	Elektrický průtokový ohřivač vody 800€	Elektrický ohřivač vody s tepelným čerpadlem 4.200€	Elektrická zásobní nádrž na teplou vodu 2.200€	Elektrický průtokový ohřivač vody 800€	
Distribuce vody/teplé vody <i>potrubní rozvody, izolace, armatury, montážní zařízení, oběhové čerpadlo v případě centrálního ohřevu vody</i>	1.300€	1.300€	200€	1.300€	1.300€	200€	
Elektrické/plynové rozvody vytápění/teplé vody	700€	500€	550€	150€			
Plynová přípojka k síti	2.100€	--					
Komín	2.900€	--					
Ventilační systém <i>systém přívodní/odtahové ventilace s rekuperací tepla, potrubí, přívody/odvody, montážní zařízení</i>	9.000€						
FV systém ~50m ² ; ~9kW _{p,new} (8, 16 kW _{p,25a}) <i>Včetně montážního zařízení, invertoru, instalačního materiálu</i>	15.200€						
Baterie ~9kWh, na bázi lithia <i>Včetně montážního a instalačního materiálu</i>	--		9.300€	--		9.300€	

Tabulka 14 Investiční náklady související se stavebním systémem včetně materiálu, transportu, práce a daní; Česká republika

Energetická účinnost a nákladová efektivnost elektrického
Vytápění v kombinaci s fotovoltaickými systémy

Varianta	1	2	3	4	5	6	7
Výroba tepla pro vytápění pokojů <i>centrální generátor tepla (kotel nebo tepelné čerpadlo), čerpadlo, ovládání, montážní zařízení</i>	Kondenzační plynový kotel c.12 kW: 2.500€	Elektrické vzduchové tepelné čerpadlo <i>s domácím ohřevem vody</i> 6,2kW: 8.160€ ^a 5,3kW: 7.760€ ^a		<i>bez domácího ohřevu vody</i> 5,7kW: 8.000€ ^a 4,8kW: 7.600€ ^a		--	
Systém podlahového vytápění 150m ² <i>Podlahové topné hadice/kabel/rohož, montážní systém/zařízení, ovládání pokojové teploty, podlahový potěr</i>	Hydronické podlahové vytápění (35/28°C) <i>Podlahové topné hadice, rozvodné potrubí, distribuce tepla uvnitř budovy (hadice, izolace, armatury, montážní zařízení)</i> 10.100€			Elektrické podlahové vytápění <i>Systém elektrického podlahového vytápění (př. topný kabel/rohož)</i> 7.000€			
Domácí ohřev vody	Zásobní nádrž na teplou vodu, sdílení generátoru tepla s vytápěním pokojů <i>standardní nádrž</i> 1.280€	<i>nádrž specifická pro vodní čerpadlo</i> 2.320€ ^a	Elektrický průtokový ohřivač vody -- ^b	Elektrický ohřivač vody s tepelným čerpadlem 2.600€	Elektrická zásobní nádrž na teplou vodu 340€	Elektrický průtokový ohřivač vody -- ^b	
Distribuce vody/teplé vody <i>potrubní rozvody, izolace, armatury, montážní zařízení, oběhové čerpadlo v případě centrálního ohřevu vody</i>	1.040€ ^a	1.040€ ^a	160€ ^a	1.040€ ^a	1.040€ ^a	160€ ^a	
Elektrické/plynové rozvody vytápění/teplé vody	560€ ^a	400€ ^a	440€ ^a	120€ ^a			
Plynová přípojka k síti	1.680€ ^a	--					
Komín	2.320€ ^a	--					
Ventilační systém <i>systém přívodní/odtahové ventilace s rekuperací tepla, potrubí, přívody/odvody, montážní zařízení</i>	7.500€						
FV systém ~50m ² ; ~9kW _{p,new} (8, 16 kW _{p,25a}) <i>Včetně montážního zařízení, invertoru, instalačního materiálu</i>	12.160€ ^a						
Baterie ~9kWh, na bázi lithia <i>Včetně montážního a instalačního materiálu</i>	--		7.440€ ^a	--		7.440€ ^a	

a Odhad na základě čísel od členů EUHA

b V ČR není běžné z důvodu základních cen elektřiny závisejících na požadavku na proudovou intenzitu

Tabulka 15 Investiční náklady související se stavebním systémem včetně materiálu, transportu, práce a daní; Francie

Varianta	1	2	3	4	5	6	7
Výroba tepla pro vytápění pokojů <i>centrální generátor tepla (kotel nebo tepelné čerpadlo), čerpadlo, ovládání, montážní zařízení</i>	Kondenzační plynový kotel c.12 kW: 4.250€	Elektrické vzduchové tepelné čerpadlo <i>s domácím ohřevem vody</i> 13.200€ <i>bez domácího ohřevu vody</i> 11.700€		--			
Systém podlahového vytápění 150m ² <i>Podlahové topné hadice/kabel/rohož, montážní systém/zařízení, ovládání pokojové teploty, podlahový potěr</i>	Hydronické podlahové vytápění (35/28°C) <i>Podlahové topné hadice, rozvodné potrubí, distribuce tepla uvnitř budovy (hadice, izolace, armatury, montážní zařízení)</i> 11.000€			Elektrické podlahové vytápění <i>Systém elektrického podlahového vytápění (př. topný kabel/rohož)</i> 9.000€			
Domácí ohřev vody	Zásobní nádrž na teplou vodu, sdílení generátoru tepla s vytápěním pokojů <i>standardní nádrž</i> 1.920€ ^a	<i>nádrž specifická pro vodní čerpadlo</i> 2.850€	Elektrický průtokový ohřivač vody 700€	Elektrický ohřivač vody s tepelným čerpadlem 3.200€	Elektrická zásobní nádrž na teplou vodu 800€	Elektrický průtokový ohřivač vody 700€	
Distribuce vody/teplé vody <i>potrubní rozvody, izolace, armatury, montážní zařízení, oběhové čerpadlo v případě centrálního ohřevu vody</i>	650€	650€	300€	650€	650€	300€	
Elektrické/plynové rozvody vytápění/teplé vody	550€	480€	480€	250€			
Plynová přípojka k síti	400€	--					
Komín	0€	--					
Ventilační systém <i>systém přívodní/odtahové ventilace s rekuperací tepla, potrubí, přívody/odvody, montážní zařízení</i>	15.000€						
FV systém ~50m ² ; ~9kW _{p,new} (8, 16 kW _{p,25a}) <i>Včetně montážního zařízení, invertoru, instalačního materiálu</i>	25.00€						
Baterie ~9kWh, na bázi lithia <i>Včetně montážního a instalačního materiálu</i>	--		10.000€	--		10.000€	

a Odhad na základě čísel od členů EUHA

Tabulka 16 Investiční náklady související se stavebním systémem včetně materiálu, transportu, práce a daní; Nizozemí

Varianta	1	2	3	4	5	6	7
Výroba tepla pro vytápění pokojů <i>centrální generátor tepla (kotel nebo tepelné čerpadlo), čerpadlo, ovládání, montážní zařízení</i>	Kondenzační plynový kotel c.12 kW: 3.600€	Elektrické vzduchové tepelné čerpadlo <i>s domácím ohřevem vody</i> 6,2kW: 10.200€ 5,3kW: 9.700€		<i>bez domácího ohřevu vody</i> 5,7kW: 10.000€ 4,8kW: 9.500€		--	
Systém podlahového vytápění 150m ² <i>Podlahové topné hadice/kabel/rohož, montážní systém/zařízení, ovládání pokojové teploty, podlahový potěr</i>	Hydronické podlahové vytápění (35/28°C) <i>Podlahové topné hadice, rozvodné potrubí, distribuce tepla uvnitř budovy (hadice, izolace, armatury, montážní zařízení)</i> 11.300€			Elektrické podlahové vytápění <i>Systém elektrického podlahového vytápění (př. topný kabel/rohož)</i> 9.000€			
Domácí ohřev vody	Zásobní nádrž na teplou vodu, sdílení generátoru tepla s vytápěním pokojů <i>standardní nádrž</i> 1.600€	<i>nádrž specifická pro vodní čerpadlo</i> 2.900€	Elektrický průtokový ohřivač vody 800€	Elektrický ohřivač vody s tepelným čerpadlem 4.200€	Elektrická zásobní nádrž na teplou vodu 2.200€	Elektrický průtokový ohřivač vody 800€	
Distribuce vody/teplé vody <i>potrubní rozvody, izolace, armatury, montážní zařízení, oběhové čerpadlo v případě centrálního ohřevu vody</i>	1.300€	1.300€	200€	1.300€	1.300€	200€	
Elektrické/plynové rozvody vytápění/teplé vody	700€	500€	550€	150€			
Plynová přípojka k síti	2.100€	--					
Komín	2.900€	--					
Ventilační systém <i>systém přívodní/odtahové ventilace s rekuperací tepla, potrubí, přívody/odvody, montážní zařízení</i>	9.000€						
FV systém ~50m ² ; ~9kW _{p,new} (8, 16 kW _{p,25a}) <i>Včetně montážního zařízení, invertoru, instalačního materiálu</i>	11.250€						
Baterie ~9kWh, na bázi lithia <i>Včetně montážního a instalačního materiálu</i>	--		9.300€	--		9.300€	

Tabulka 17 Investiční náklady související se stavebním systémem včetně materiálu, transportu, práce a daní; Švédsko

Varianta	1	2	3	4	5	6	7
Výroba tepla pro vytápění pokojů <i>centrální generátor tepla (kotel nebo tepelné čerpadlo), čerpadlo, ovládání, montážní zařízení</i>	Kondenzační plynový kotel c.12 kW: 3.600€	Elektrické vzduchové tepelné čerpadlo <i>s domácím ohřevem vody</i> 6,2kW: 10.200€ 5,3kW: 9.700€		<i>bez domácího ohřevu vody</i> 5,7kW: 10.000€ 4,8kW: 9.500€		--	
Systém podlahového vytápění 150m ² <i>Podlahové topné hadice/kabel/rohož, montážní systém/zařízení, ovládání pokojové teploty, podlahový potěr</i>	Hydronické podlahové vytápění (35/28°C) <i>Podlahové topné hadice, rozvodné potrubí, distribuce tepla uvnitř budovy (hadice, izolace, armatury, montážní zařízení)</i> 11.300€			Elektrické podlahové vytápění <i>Systém elektrického podlahového vytápění (př. topný kabel/rohož)</i> 9.000€			
Domácí ohřev vody	Zásobní nádrž na teplou vodu, sdílení generátoru tepla s vytápěním pokojů <i>standardní nádrž</i> 1.600€	<i>nádrž specifická pro vodní čerpadlo</i> 2.900€	Elektrický průtokový ohřivač vody 800€	Elektrický ohřivač vody s tepelným čerpadlem 4.200€	Elektrická zásobní nádrž na teplou vodu 2.200€	Elektrický průtokový ohřivač vody 800€	
Distribuce vody/teplé vody <i>potrubní rozvody, izolace, armatury, montážní zařízení, oběhové čerpadlo v případě centrálního ohřevu vody</i>	1.300€	1.300€	200€	1.300€	1.300€	200€	
Elektrické/plynové rozvody vytápění/teplé vody	700€	500€	550€	150€			
Plynová přípojka k síti	2.100€	--					
Komín	2.900€	--					
Ventilační systém <i>systém přívodní/odtahové ventilace s rekuperací tepla, potrubí, přívody/odvody, montážní zařízení</i>	9.000€						
FV systém ~50m ² ; ~9kW _{p,new} (8, 16 kW _{p,25a}) <i>Včetně montážního zařízení, invertoru, instalačního materiálu</i>	15.200€						
Baterie ~9kWh, na bázi lithia <i>Včetně montážního a instalačního materiálu</i>	--		9.300€	--		9.300€	

3 Výsledky

3.1 Obecné

Kapitola 3.2 ukazuje bilanci finální energie a primární energetické náročnosti. Kapitoly 3.3 a 3.4 ukazují roční bilanci energie a celkových nákladů.

Všechny výsledky jsou založeny na metodě(ách) výpočtu a předpokladech / vstupních parametrech popsanych v kapitole 2. Zde uvedené tendence nemohou být nutně aplikovány na významně se odchylojící scénáře (např. významné změny velikosti/výkonu FV systému a/nebo baterie ve vztahu k požadavku budovy).

3.2 Energetická bilance

3.2.1 Obecné

Zde uvedené výsledky jsou na základě EN 15316 [1] / DIN V 18599 [2, 3].

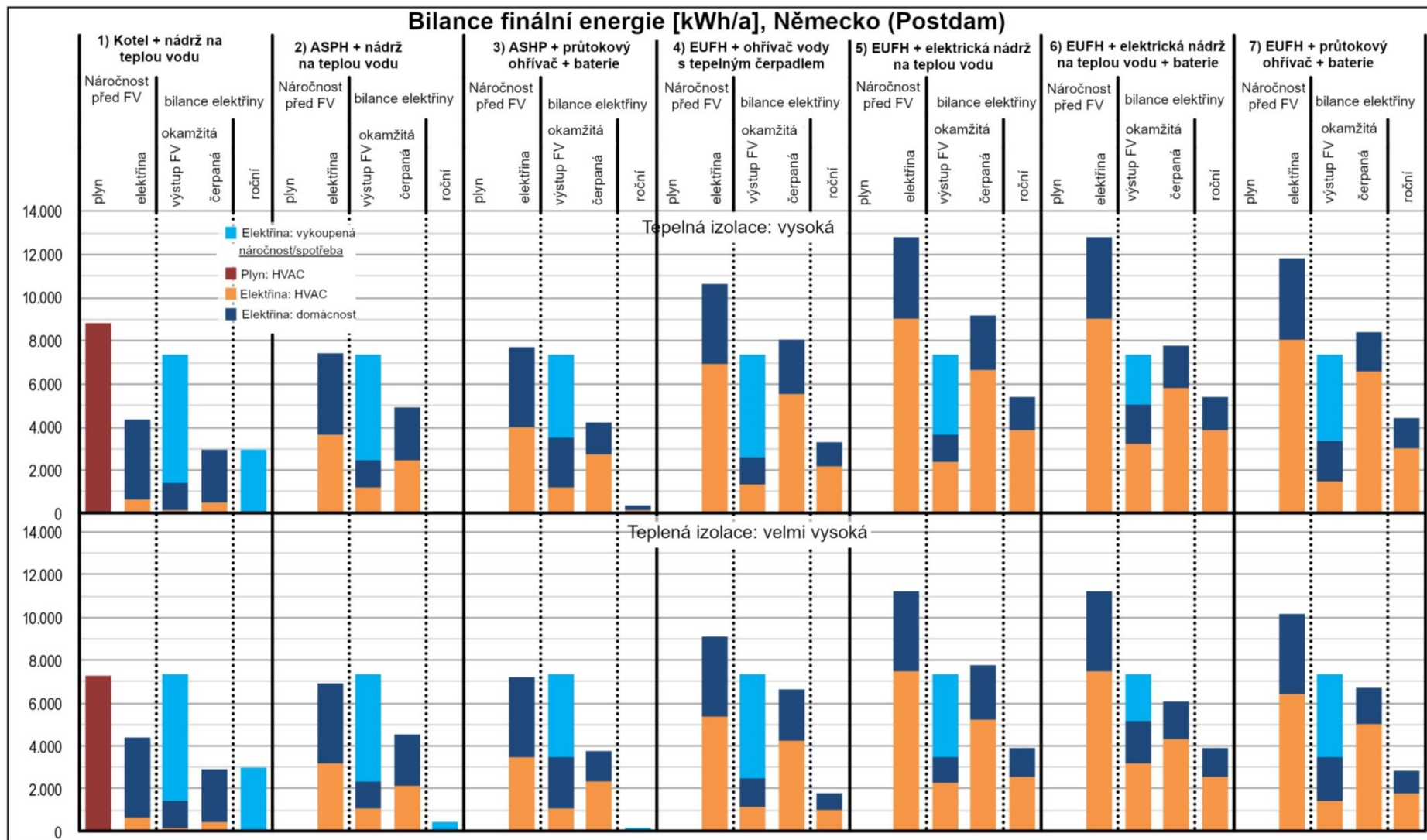
Doposud nejsou v Evropě (v ostatních zemích, které technicky nedodrží EPBD) harmonizována národní nařízení týkající se osvědčení o energetické náročnosti budov, implementace EPBD a definice budovy s téměř nulovou spotřebou energie (NZEB). Proto neexistuje společný přístup, pokud jde o to, jak bilancovat energetickou náročnost stavby, které části energetické náročnosti zahrnovat (např. pouze HVAC nebo také domácí spotřebiče) a jak vydávat elektrickou náročnost budovy proti výstupu FV systému. Zde uvedené výsledky se mohou lišit od toho, co by bylo vypočteno v kontextu certifikátů o energetické náročnosti podle národních nařízení.

3.2.2 Finální energie

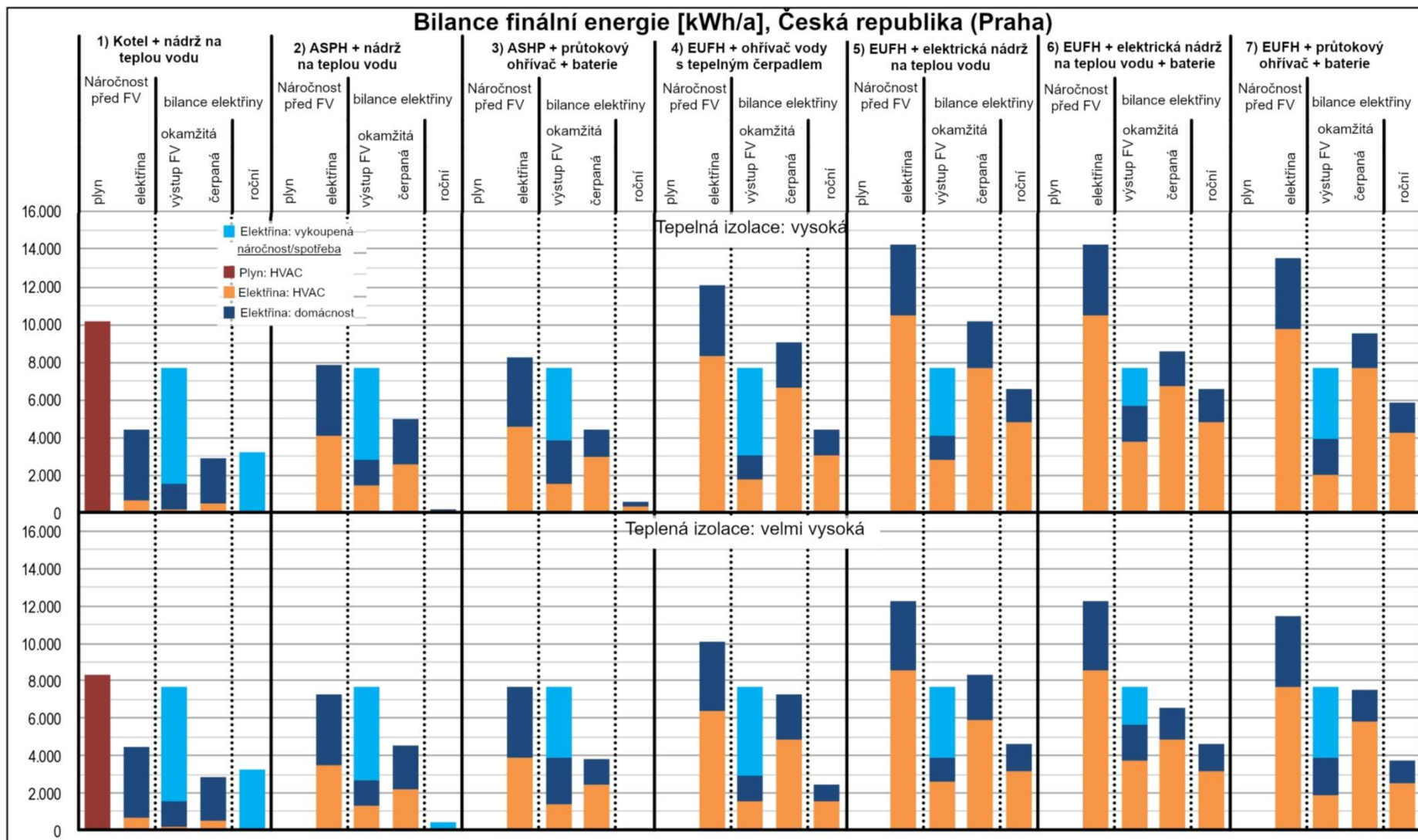
Následující obrázky ukazují zleva doprava tyto výsledky pro každou variantu:

- Finální energetická náročnost celé budovy před FV
 - Plyn
 - Elektřina: HVAC, domácnost
- Elektrická bilance včetně FV systému
 - Okamžité hodnoty
 - Celkový FV výstup: HVAC, domácnost, výkup do sítě
 - Čerpaná elektřina: HVAC, domácnost
 - Roční bilance síť-budova

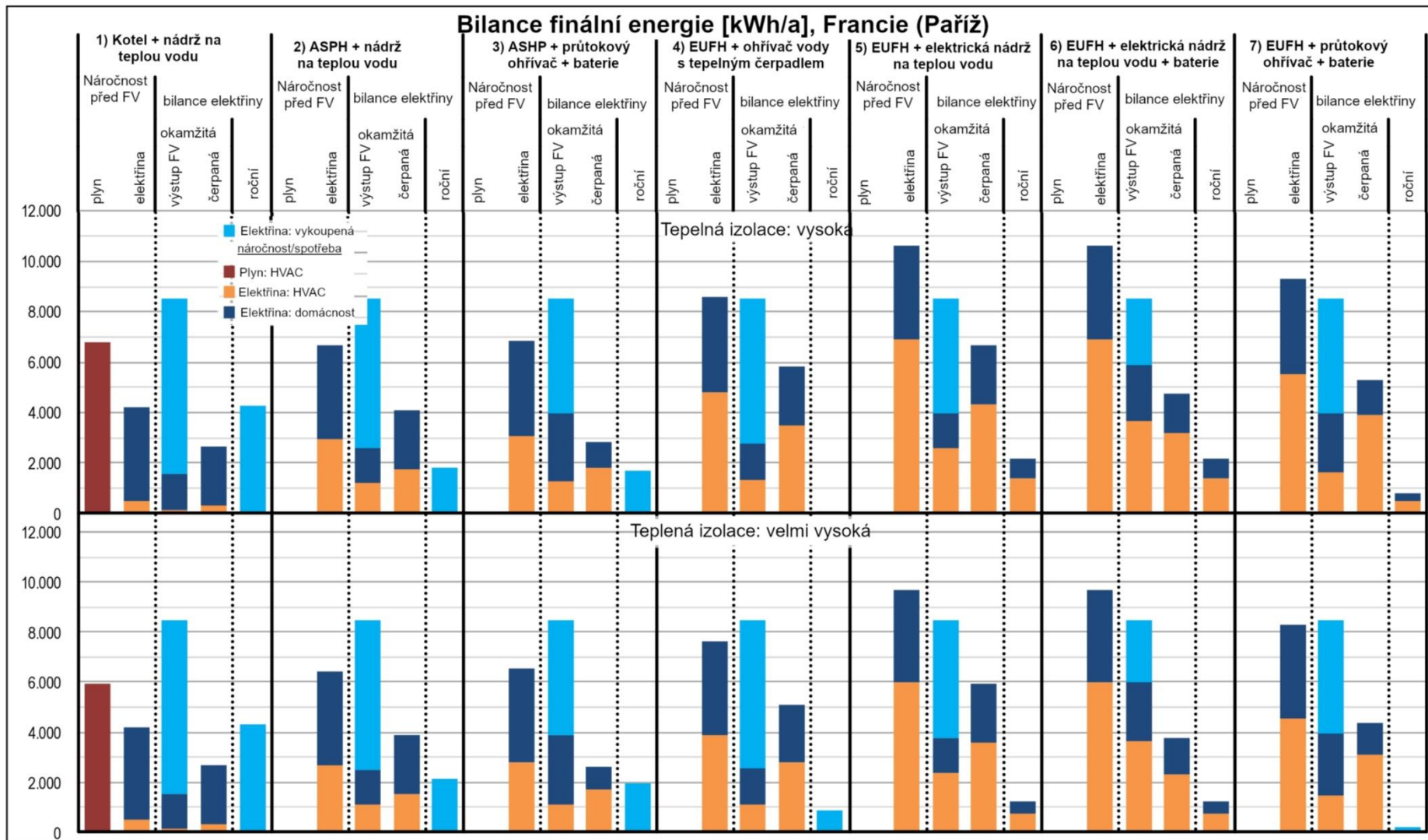
Elektrická bilance na základě okamžitých hodnot poskytuje odhad skutečného čerpání a výkupu, jak by mohla být měřena buď s kombinací samostatných měřidel, nebo typů dvousměrných měřidel, která ukazují čerpání a výkup odděleně. Naopak roční bilance ukazuje pouze rozdíl mezi ročním čerpáním a ročním výkupem – zde může být celkový výsledek pouze buď čerpání, nebo výkup; tato hodnota poskytuje odhad toho, co by bylo naměřeno jedno-hodnotovým měřícím zařízením typu tam a zpět. Který z těchto dvou přístupů je nakonec použit k určení ročních nákladů na energie závisí na zvoleném/dostupném tarifním systému. V rámci této studie jsou náklady na energie na základě okamžitých hodnot s výjimkou Nizozemí (kde je místo toho použita roční bilance).



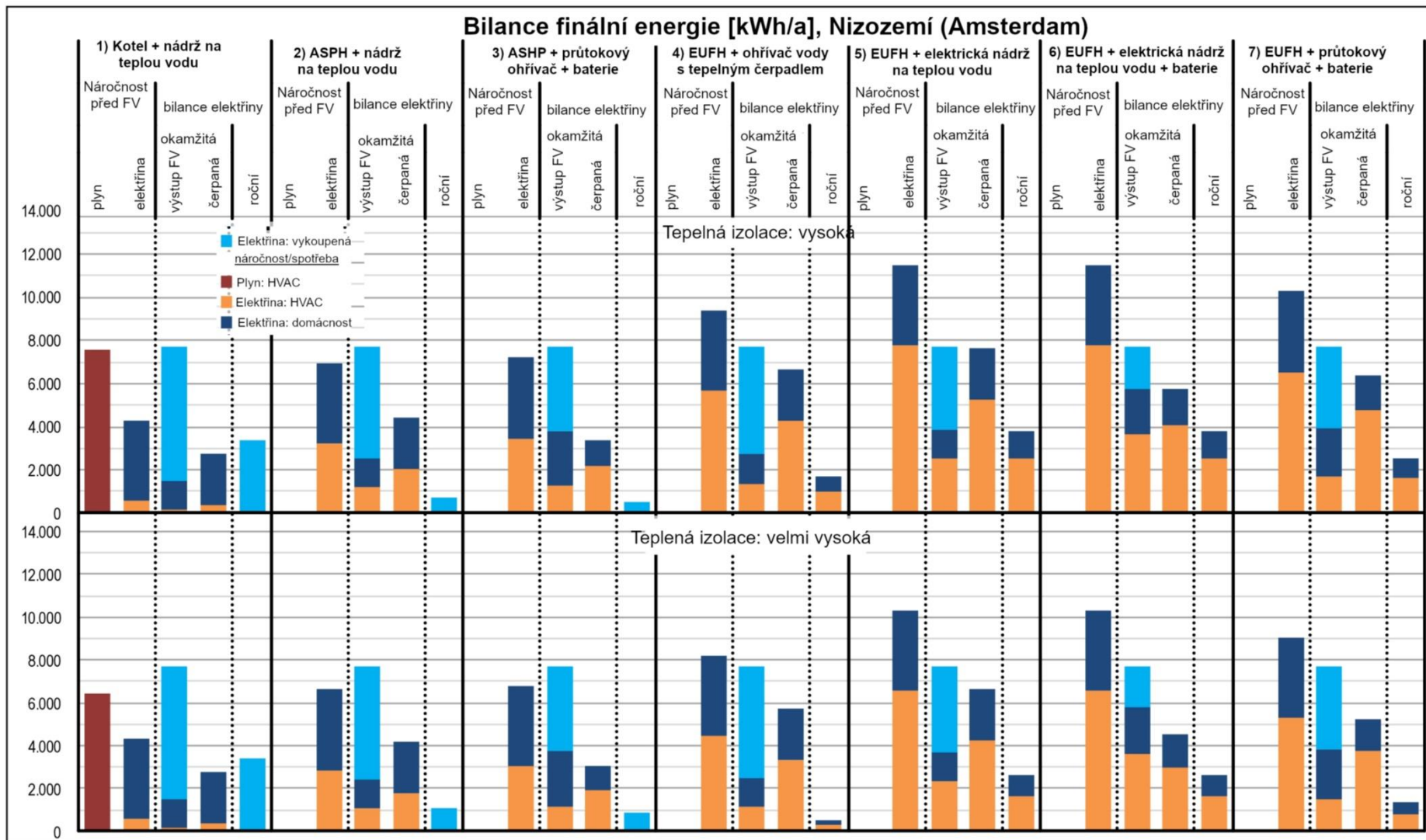
Obrázek 5 Balance finální energie, Německo



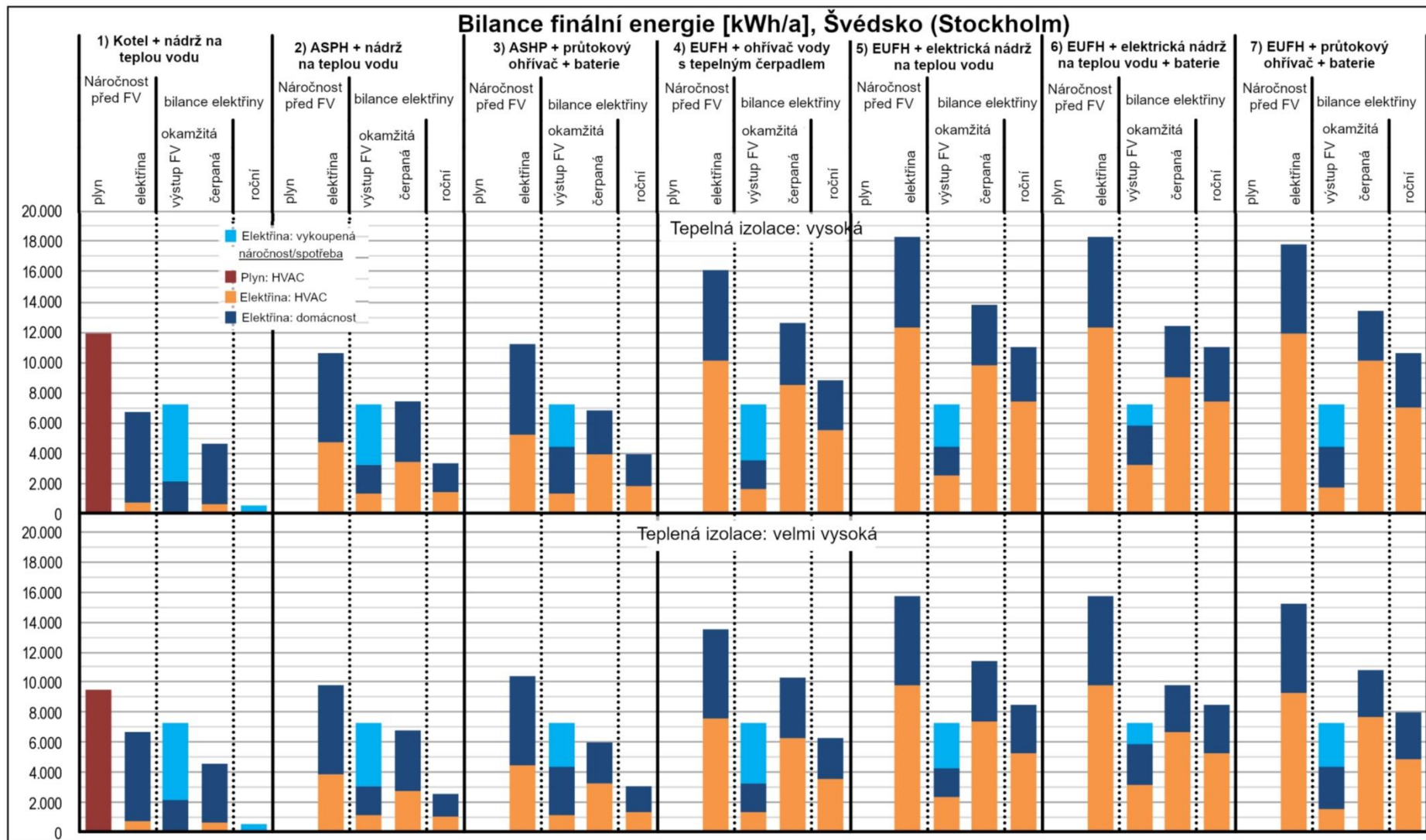
Obrázek 6 Balance finální energie, Česká republika



Obrázek 7 Balance finální energie, Francie



Obrázek 8 Balance finální energie, Nizozemí



Obrázek 9 Bilance finální energie, Švédsko; výsledky pro variantu 1 (plyn) platí přibližně přesně i pro dálkové vytápění

Zjištění

Mezi variantami elektrického vytápění, vykazují dvě varianty s tepelným čerpadlem pro vytápění pokojů (2, 3) nejnižší finální energetickou náročnost před a po zisku z FV. Přestože je na straně teplé vody rozdíl mezi tepelným čerpadlem a průtokovým ohřivačem, je tento rozdíl poměrně malý.

Pro varianty s elektrickým podlahovým vytápěním závisí finální energetická náročnost před FV na systémech teplé vody následovně (od nejnižší po nejvyšší náročnost):

- Ohřev vody s tepelným čerpadlem (4)
- Průtokový ohřivač (7)
- Centrální nádrž na teplou vodu (5/6)

Když se podíváme na finální energetickou náročnost poté, co vezmeme v úvahu zisky z FV, může se toto pořadí změnit:

• Energetická účinnost (náročnost)

Obecně je okamžitý ohřev vody bez tepelného úložiště a téměř bez distribučních hadic efektivnější než zásobník teplé vody s centrální distribucí teplé vody před zohledněním zisků z FV. Nižší účinnost finální energie nádrže na teplou vodu při srovnání s průtokovým ohřivačem je způsobena tepelnými ztrátami v důsledku uchování a distribuce teplé vody.

• Využití výstupu FV

Protože průtokové ohřivače vody ohřívají vodu, když jimi protéká (při rychlosti, kterou vytéká z kohoutku), potřebují poměrně velký stupeň výkonu a potřebují jej ve chvíli, kdy se teplá voda čerpá – bez ohledu na to, zda svítí slunce nebo ne. Navíc FV systémy upevněné na střeše, jak zde předpokládáme, mají obvykle špičku při výrazně nižším výkonu a při průměrných povětrnostních podmínkách budou dodávat ještě méně. Proto požadavek na výkon a energii průtokového ohřevu vody lze FV systémem pokrýt pouze do určitého procenta. Přidáním baterie se tento efekt o něco sníží, ale stále bude přetrvávat.

Nádrž na teplou vodu ohřívá vodu mnohem pomaleji s poměrně malým výkonem vždy, když teplota klesne pod určitou hranici a toto teplo potom uloží – tak může využívat výstup FV mnohem lépe, pokud jde o požadavek na výkon a čas.

Tyto dva efekty působí proti sobě. V závislosti na potenciálu FV, který je specifický pro jednotlivé země, ve vztahu k elektrické náročnosti, může být průtokový ohřivač nebo zásobník teplé vody celkově efektivnější (včetně FV). Za zde předpokládaných podmínek bude scénář s průtokovým ohřivačem (varianta 7) vyžadovat méně elektřiny z rozvodné sítě než scénář s nádrží na teplou vodu bez přidané baterie (varianta 5) v Německu, České republice, Francii a Nizozemí ale nepatrně víc než ve Švédsku. Pokud je nádrž na teplou vodu i průtokový ohřivač vody vybaven baterií (varianta 6 versus 7), bude ve všech 5 zemích nádrž na teplou vodu (6) čerpat méně elektřiny ze sítě.

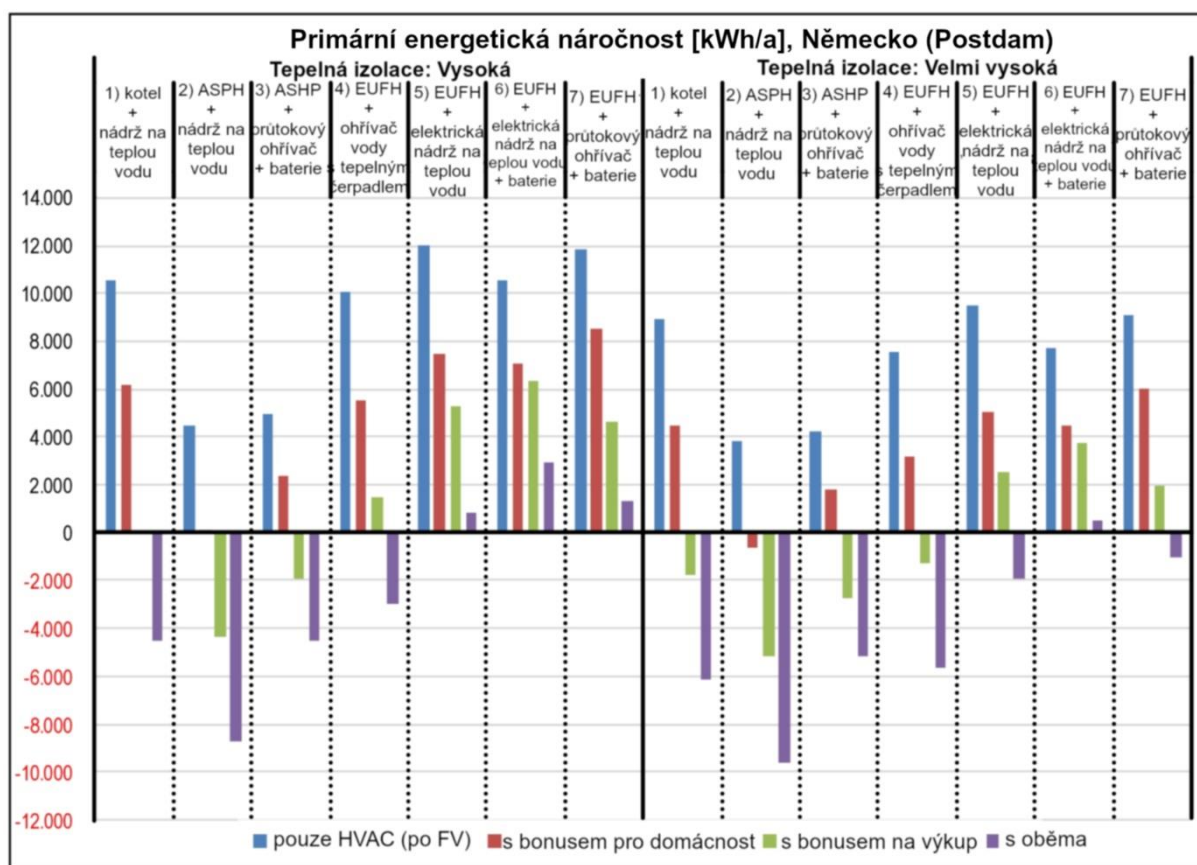
⁷ Modely pro univerzální použití se obvykle pohybují kolem 18 kW až 24 kW.

3.2.3 Primární energie

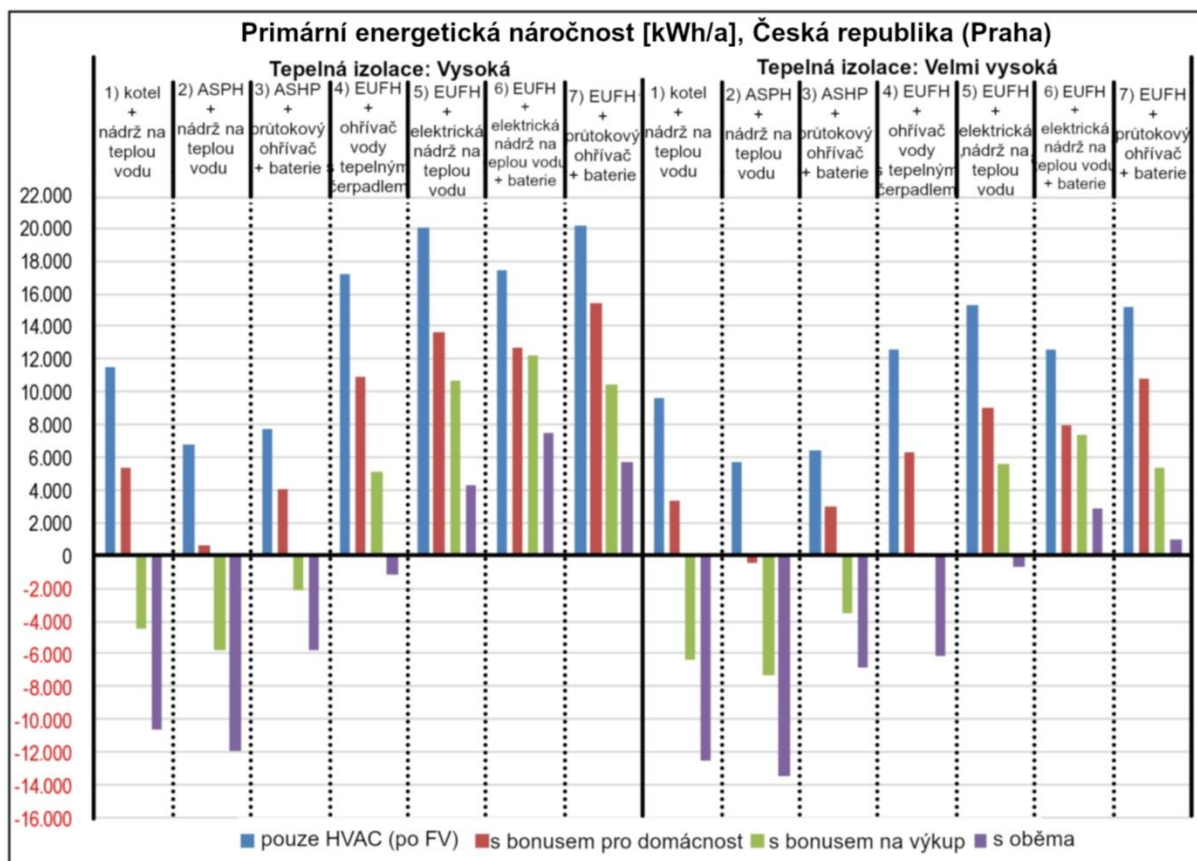
Následující obrázky zobrazují zleva doprava pro každou variantu celkovou roční primární energetickou náročnost:

- HVAC systémy po FV; žádné domácí spotřebiče
- HVAC systémy mínus výstup FV využitý pro domácí spotřebiče
- HVAC systémy mínus výstup FV vykoupený do sítě
- HVAC systémy mínus výstup FV využitý pro domácí spotřebiče i vykoupený do sítě

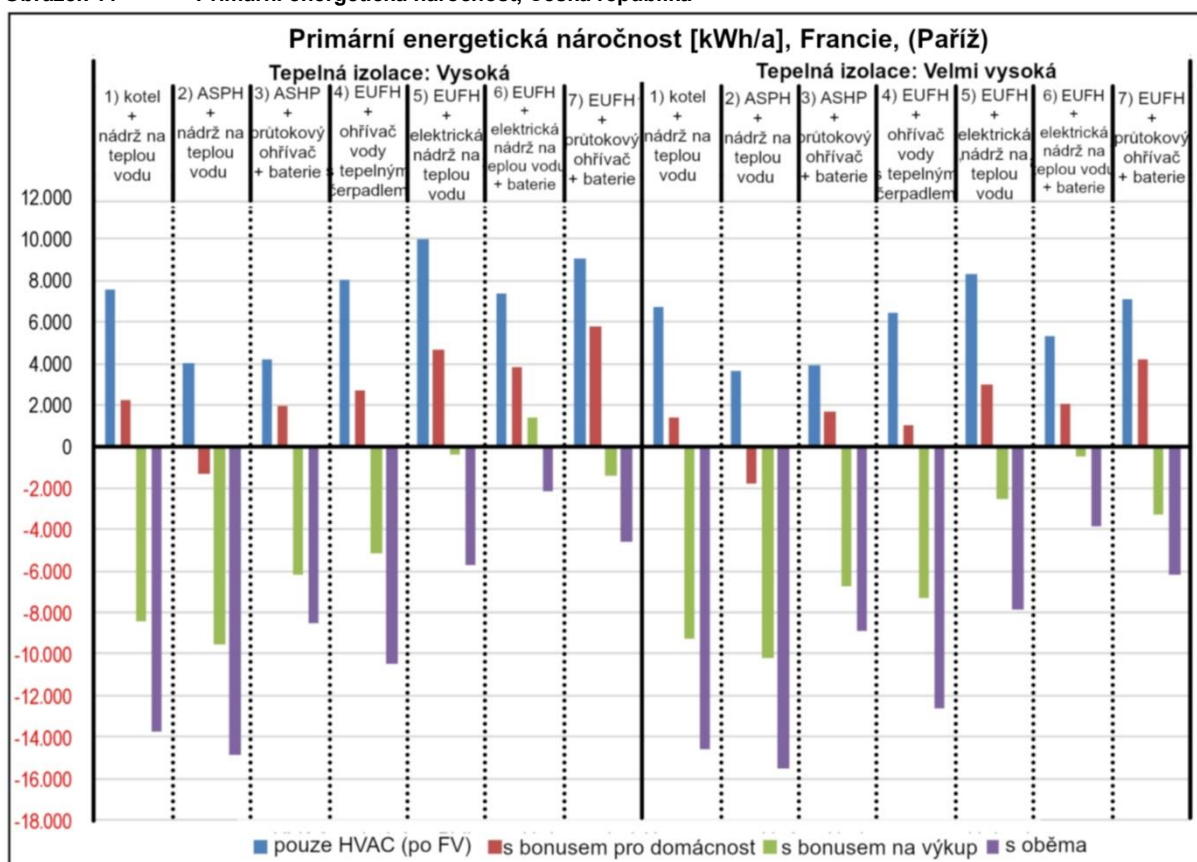
Prosím všimněte si, že zobrazené výsledky nezahrnují domácí spotřebiče na straně náročnosti. Takže aplikování bonusu na výstup FV využitý pro domácí spotřebiče může vést k negativní primární energetické náročnosti.



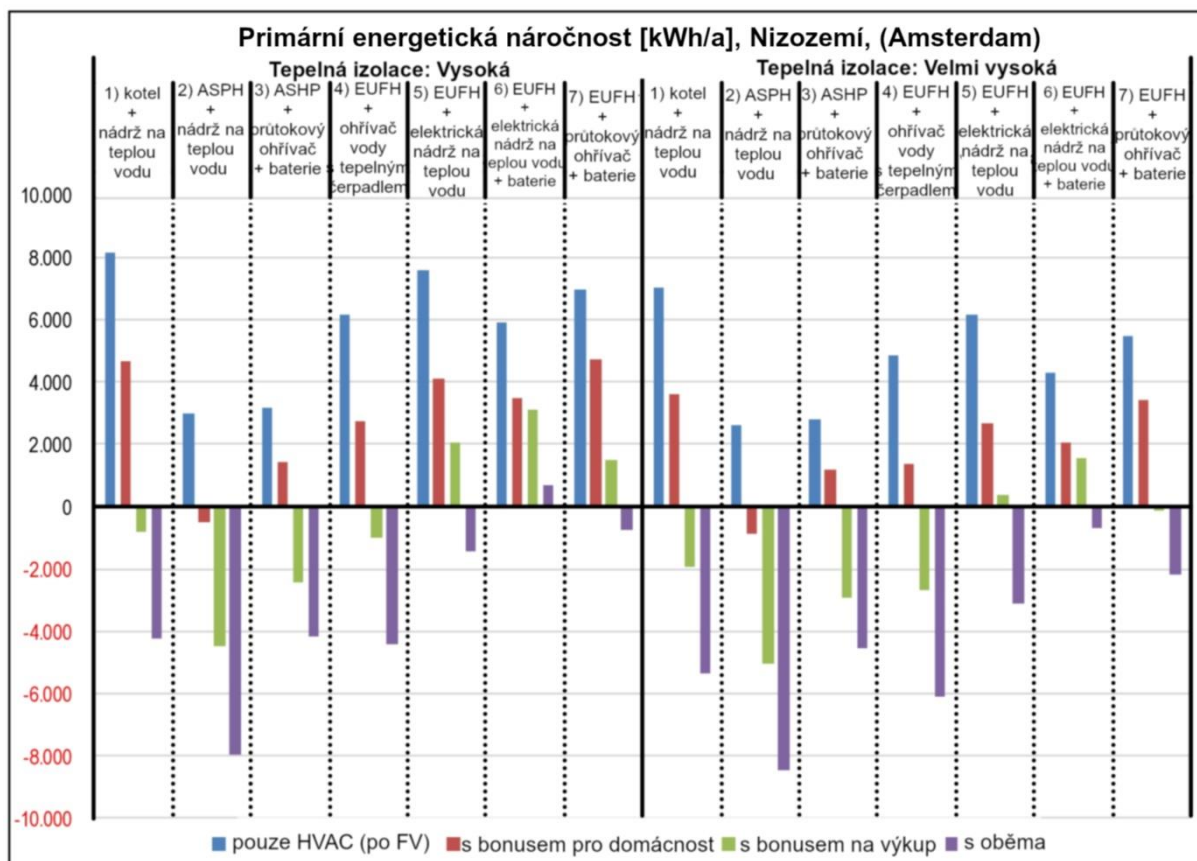
Obrázek 10 Primární energetická náročnost, Německo



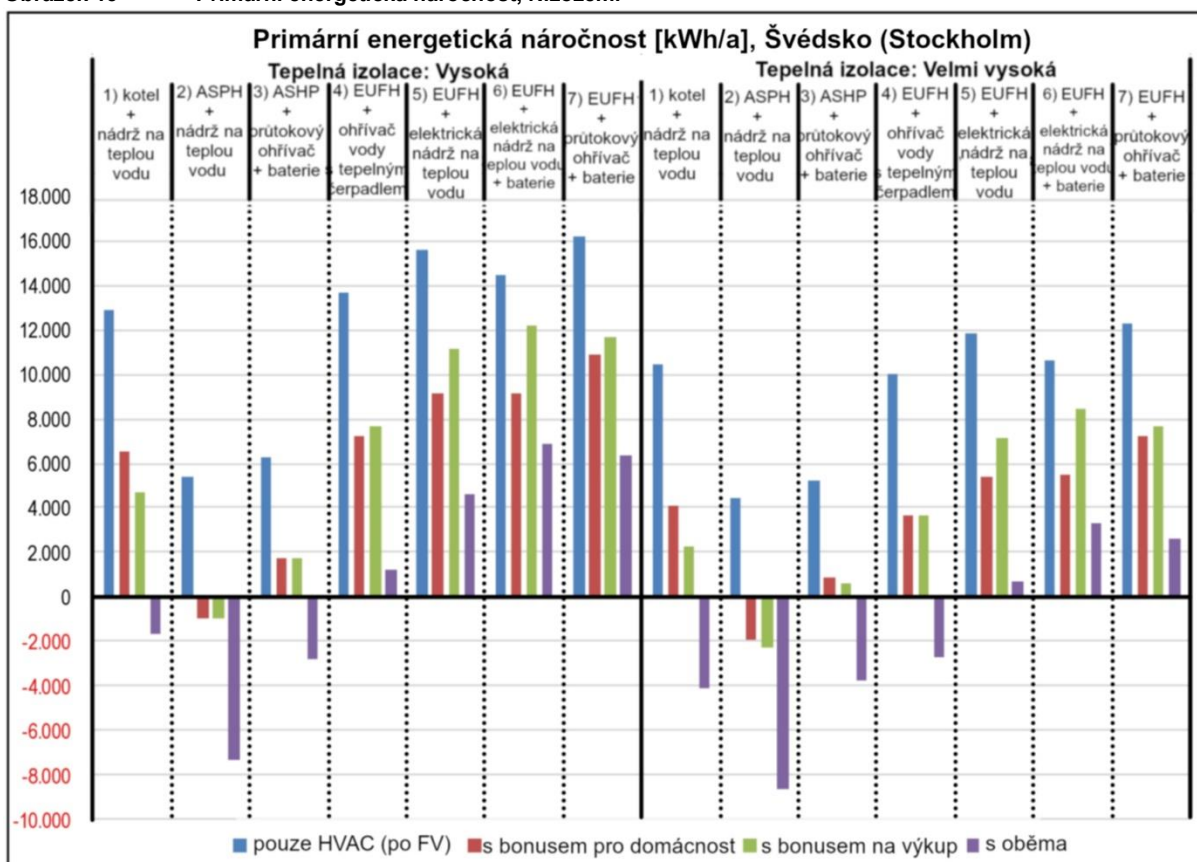
Obrázek 11 Primární energetická náročnost, Česká republika



Obrázek 12 Primární energetická náročnost, Francie



Obrázek 13 Primární energetická náročnost, Nizozemí



Obrázek 14 Primární energetická náročnost, Švédsko; výsledky pro variantu 1 (plyn) platí přibližně přesně i pro dálkové vytápění

Zjištění

Srovnání variant ukazuje podobný trend jako zjištění u finální energetické náročnosti (3.2.2). Avšak s výrazně odlišnými faktory primární energie pro elektřinu a zemní plyn, které se také v jednotlivých zemích odlišují (elektřina), můžeme najít velké odchylky mezi primární energetickou náročností pro variantu s plynovým kotlem a elektrickými variantami:

- Pro Německo platí ($PEF_{Gas} = 1,1$; $PEF_{EI} = 1,8$), že přímé elektrické vytápění v průměru povede ke stejné primární energetické náročnosti jako vytápění přes kondenzační plynový kotel – nepatrně víc než s menší tepelnou izolací a/nebo systémy teplé vody neoptimalizovanými pro FV a nepatrně méně s lepší tepelnou izolací a/nebo lepšími systémy teplé vody.
- V České republice ($PEF_{Gas} = 1,0$; $PEF_{EI} = 2,6$) vede přímé elektrické vytápění k výrazně větší primární energetické náročnosti než vytápění s plynovým kondenzačním kotlem – tento rozdíl je převážně způsoben vysokým faktorem primární energie pro elektřinu v České republice.
- Ve Francii ($PEF_{Gas} = 1,0$; $PEF_{EI} = 2,3$) vede přímé elektrické vytápění v průměru ke stejné nebo nepatrně větší primární energetické náročnosti než plynové vytápění, ale ve vysoce izolovaných budovách se systémem teplé vody, který je vysoce efektivní nebo/a optimalizovaný pro vlastní využití výstupu FV, se může stát srovnatelným nebo dokonce lepším. Francie má stále celkem vysoký faktor primární energie pro elektřinu ale také relativně vysoký potenciál pro FV.
- V Nizozemí ($PEF_{Gas} = 1,0$; $PEF_{EI} = 1,45$) s nejnižším faktorem primární energie pro elektřinu ze všech zahrnutých zemí elektrické vytápění obvykle povede k menší nebo zásadně menší primární energetické náročnosti než plynové vytápění.
- Ve Švédsku ($PEF_{Gas} = 1,0$; $PEF_{EI} = 1,6$) povede přímé elektrické vytápění v průměru k nepatrně větší primární energetické náročnosti než plynové vytápění, ale může dosáhnout podobné úrovně ve vysoce izolovaných budovách a systémech teplé vody optimalizovaných pro FV. Ačkoli Švédsko již má velmi nízký faktor primární energie pro elektřinu, jeho potenciál pro FV je také poměrně nízký.

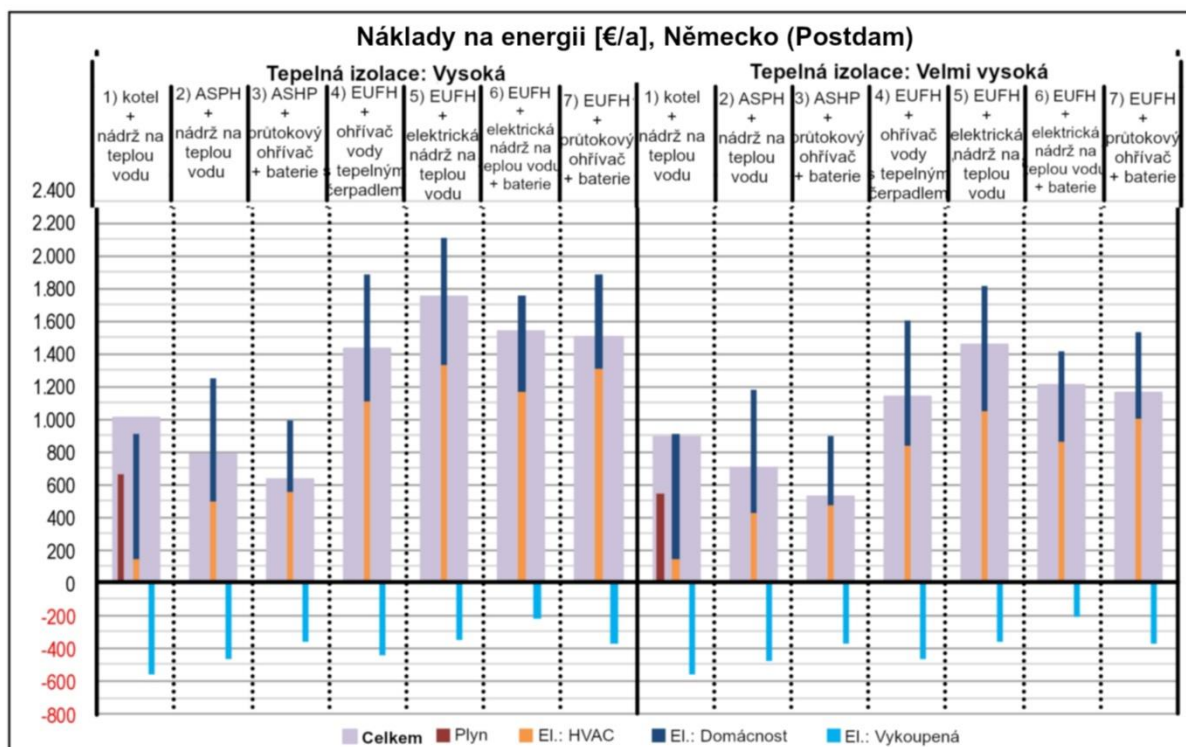
Při faktorech primární energie pro elektřinu, které jsou významně vyšší než pro plyn, se přímé elektrické vytápění lépe vyrovnává s tepelnou náročností budovy (tepelná izolace, vzduchotěsnost) než plynové vytápění, pokud jde o primární energii.

Aplikují-li se bonusy pro výstup FV s vlastním využitím pro domácí spotřebiče a/nebo vykoupený výstup FV, dramaticky se sníží roční primární energetická náročnost.

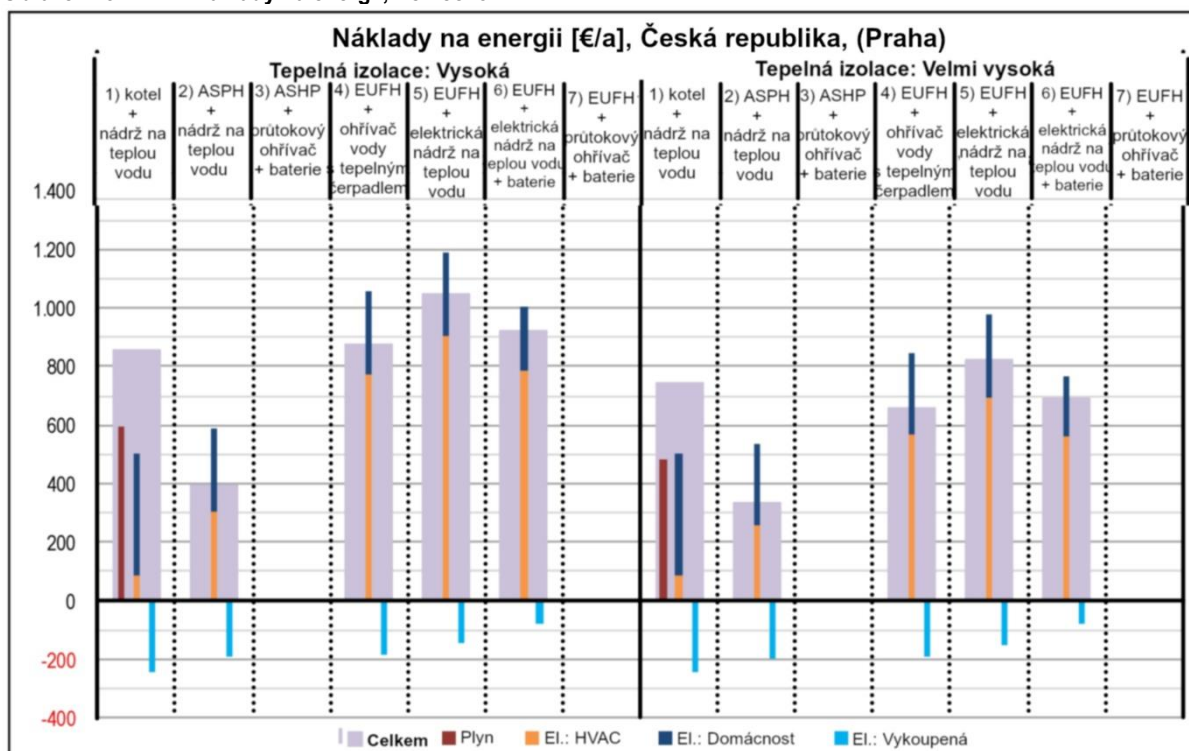
3.3 Náklady na energii

Následující obrázky ukazují roční náklady na energii včetně HVAC systémů i domácích spotřebičů. Bere se v úvahu vykoupený výstup FV.

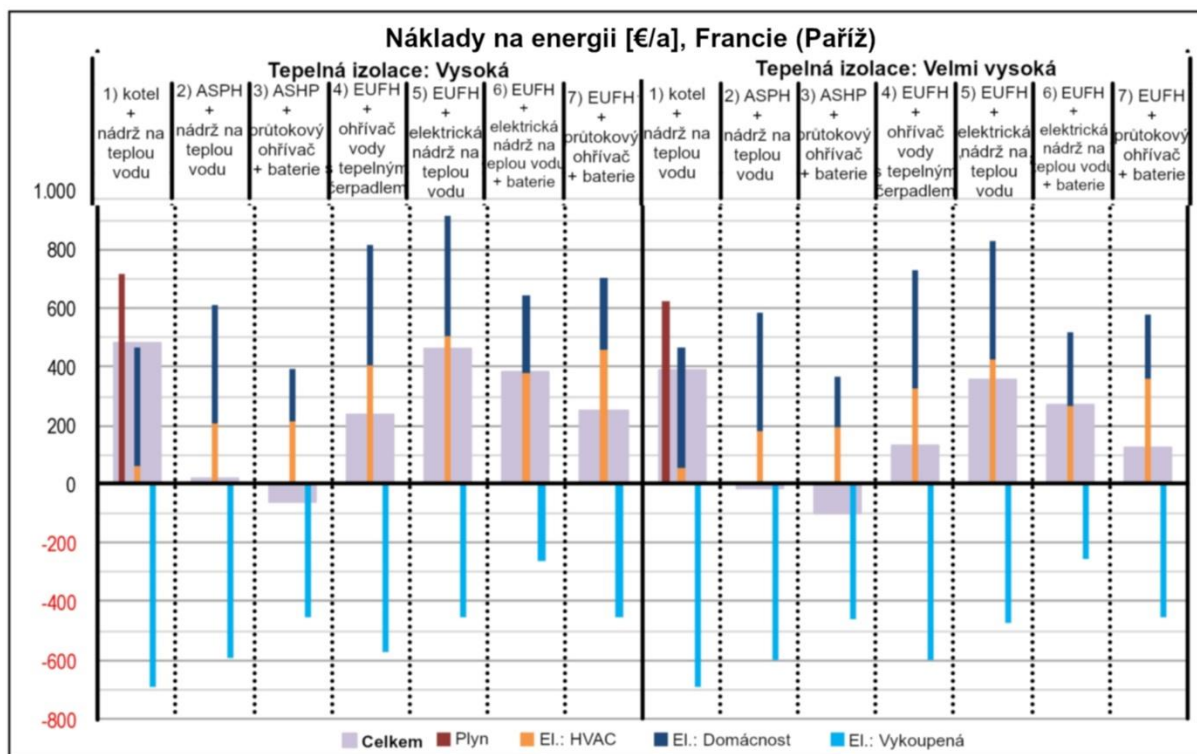
Celkové náklady na energii jsou stanoveny energetickou náročností, výstupem FV, cenami energie a, kde jsou zavedeny, výkupními cenami.



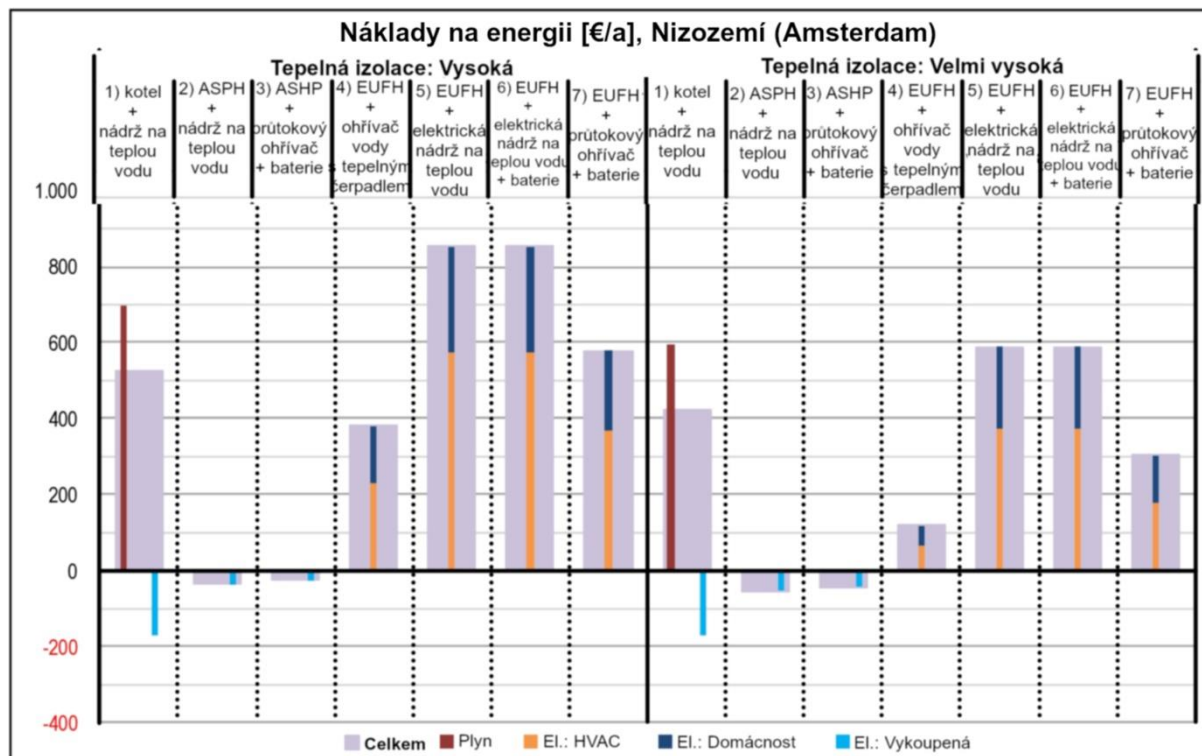
Obrázek 15 Náklady na energii, Německo



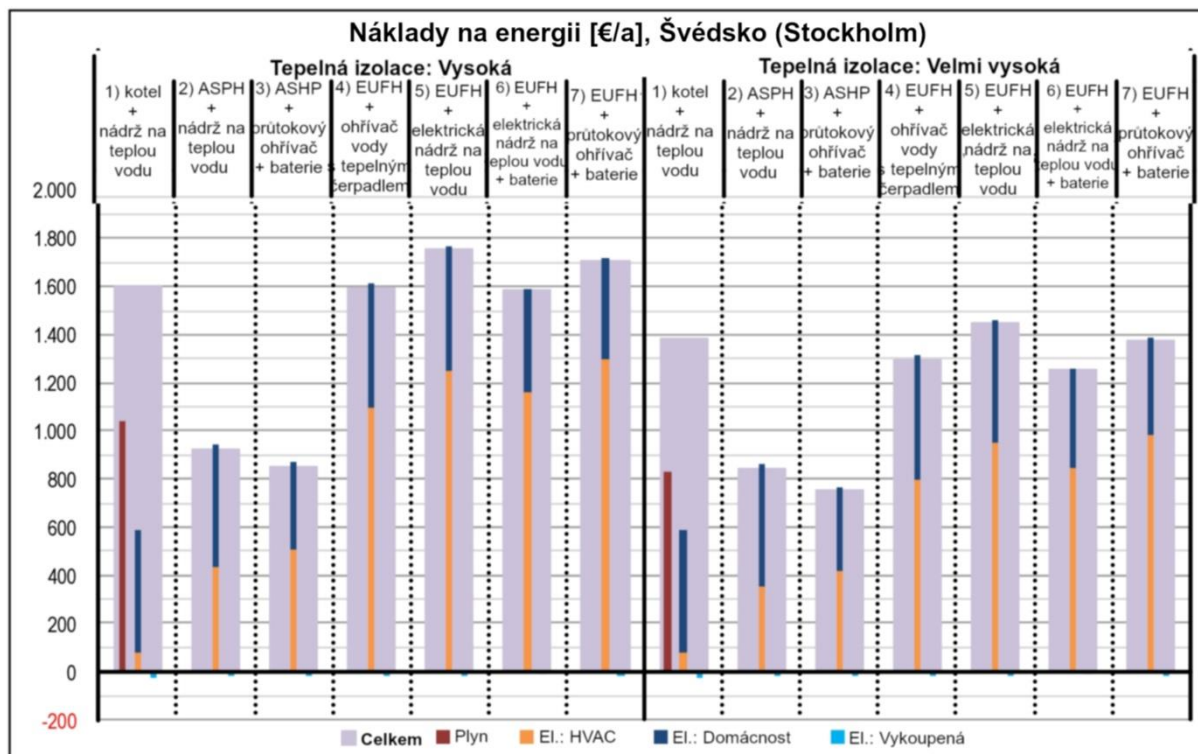
Obrázek 16 Náklady na energii, Česká republika; Chybějící kolonky 3 a 7: Průtokové ohřívače vody nejsou v ČR běžné, protože základní ceny elektřiny závisejí na požadavku na proudovou intenzitu budovy



Obrázek 17 Náklady na energii, Francie



Obrázek 18 Náklady na energii, Nizozemí; náklady na základě roční bilance



Obrázek 19 Náklady na energii, Švédsko; výsledky pro variantu 1 (plyn) platí přibližně přesně i pro dálkové vytápění

Zjištění

- V Německu obvykle přímé elektrické vytápění způsobuje významně vyšší náklady na energii než plynové vytápění (až po faktor 2 v příkladu výpočtu).
- V České republice a Nizozemí je elektrické vytápění v průměru srovnatelné s plynovým vytápěním – někdy vyšší/nížší v závislosti na tepelné izolaci a systému teplé vody. Mělo by však být uvedeno, že v závislosti na absolutní úrovni nákladů mohou být relativní rozdíly v nákladech na energii dost podstatné (až asi do faktoru 1,6 pro Nizozemí).
- Ve Francii vytváří přímé elektrické vytápění náklady na energii podobné až podstatně nižší než plynové vytápění.
- Ve Švédsku vytváří elektrické vytápění podobné náklady na energii jako plynové nebo dálkové⁸ vytápění.

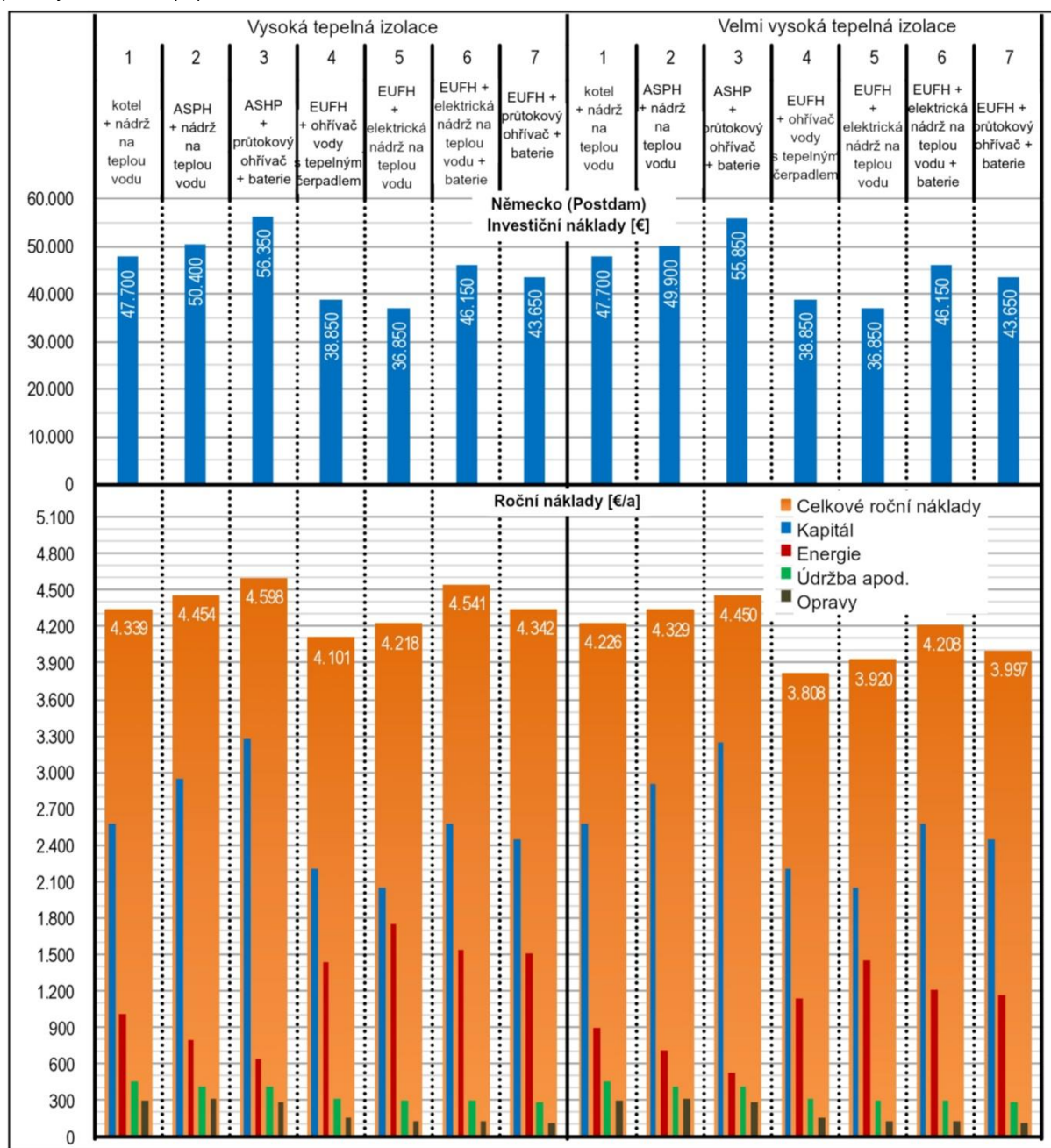
Při tom, když je elektřina obvykle výrazně dražší než plyn na kilowatt hodinu, se přímé elektrické vytápění lépe vyrovnává s tepelnou náročností budovy (tepelná izolace, vzduchotěsnost) než plynové topení, pokud jde o náklady na energii.

3.4 Celková roční bilance nákladů

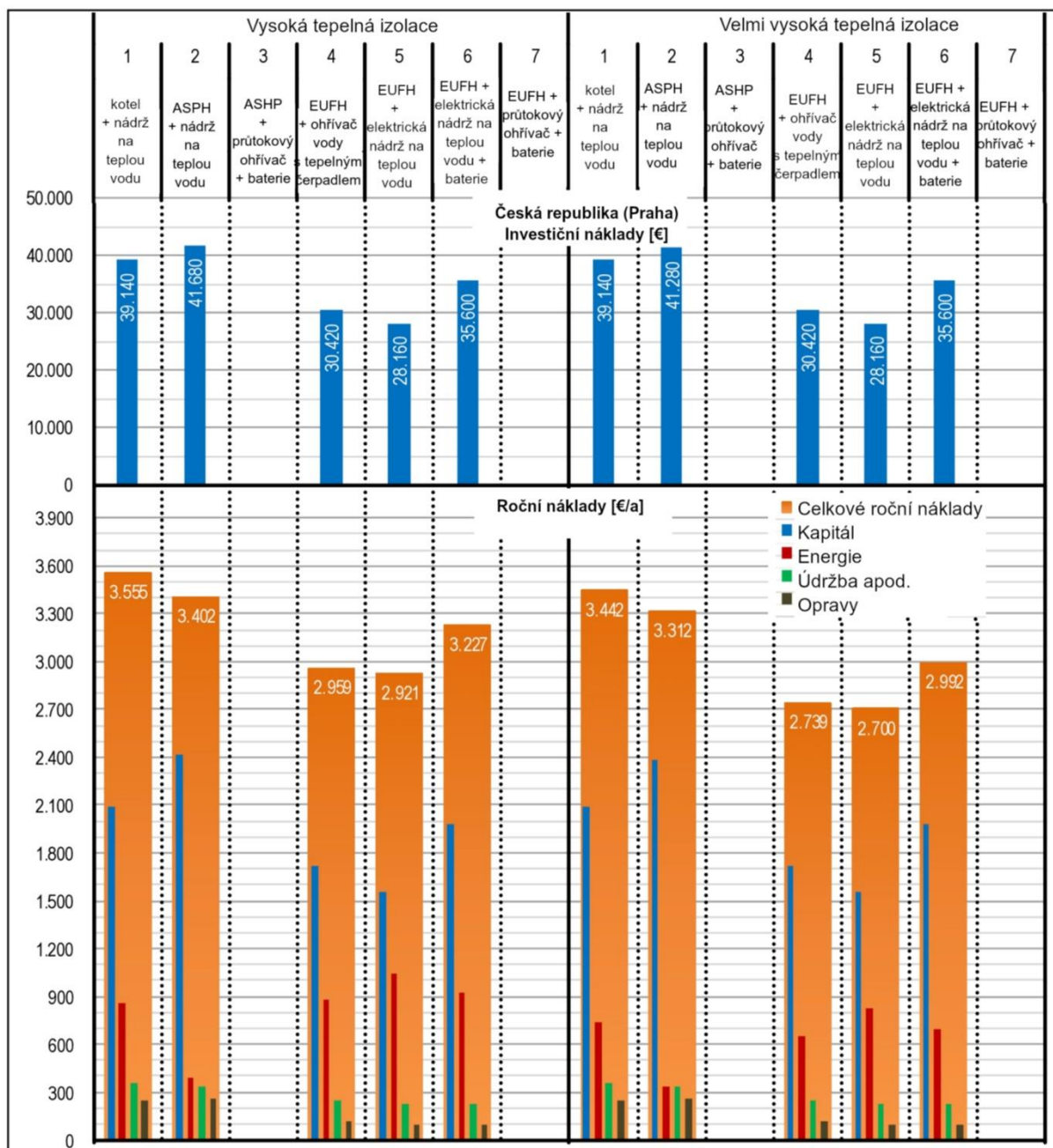
Následující obrázky ukazují vstupní investiční náklady související s HVAC (viz. tabulky 13 až 17) a celkové roční náklady jakou součet nákladů souvisejících s provozem (údržba/pojištění, opravy), investovaný kapitál a spotřeba energie.

⁸ Ve Švédsku je dálkové vytápění velmi běžné a náklady přibližně stejné jako zemní plyn na kilowatt hodinu finální energie dodané do budovy. Pokud jde o tepelnou / finální energetickou náročnost, je rozdíl mezi vytápěním budovy pomocí kondenzačního plynového kotle

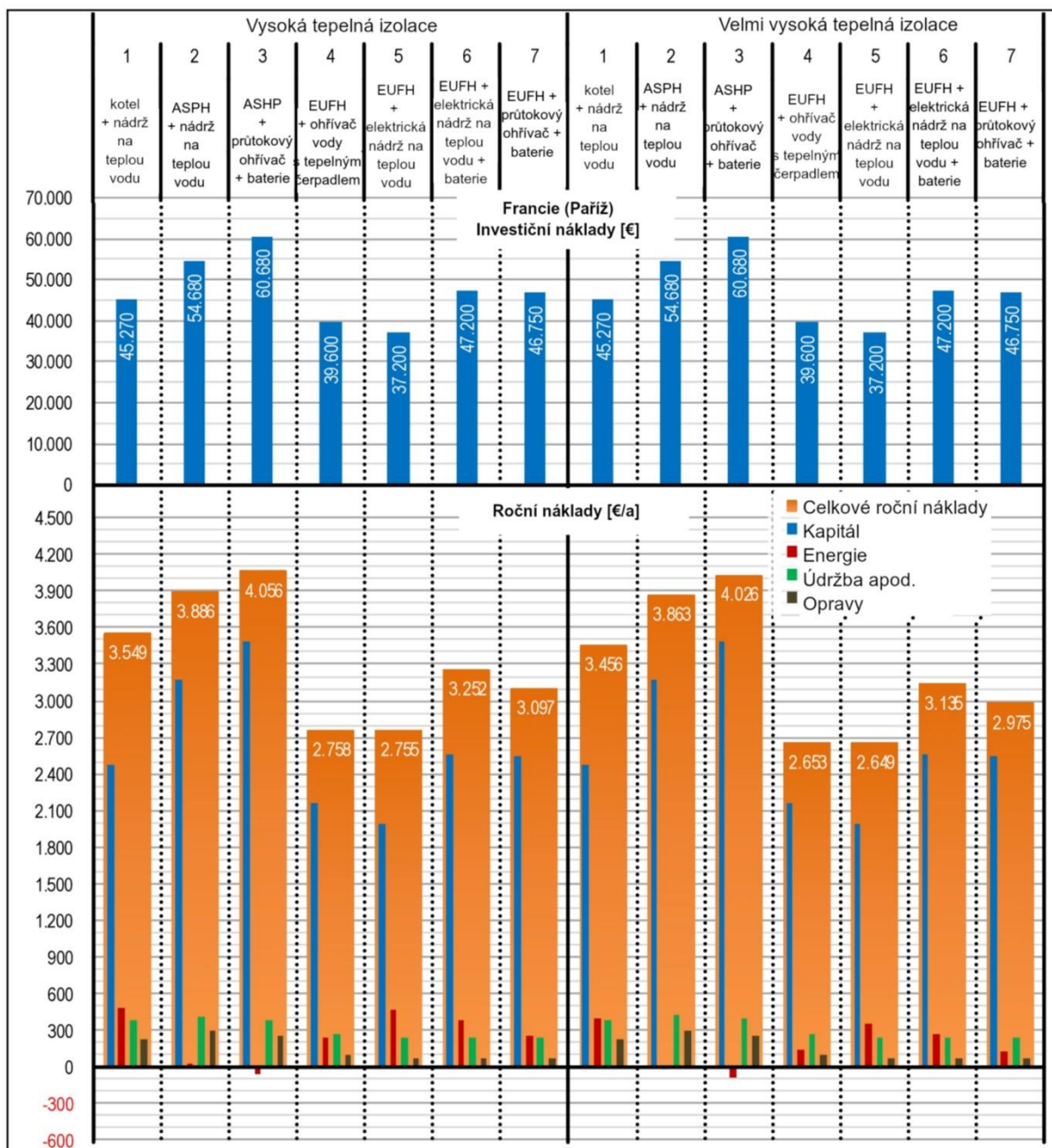
nebo napojením na síť dálkového vytápění zanedbatelný; proto se varianta 1 při modelování kondenzačního plynového kotle také velmi přibližuje dálkovému vytápění.



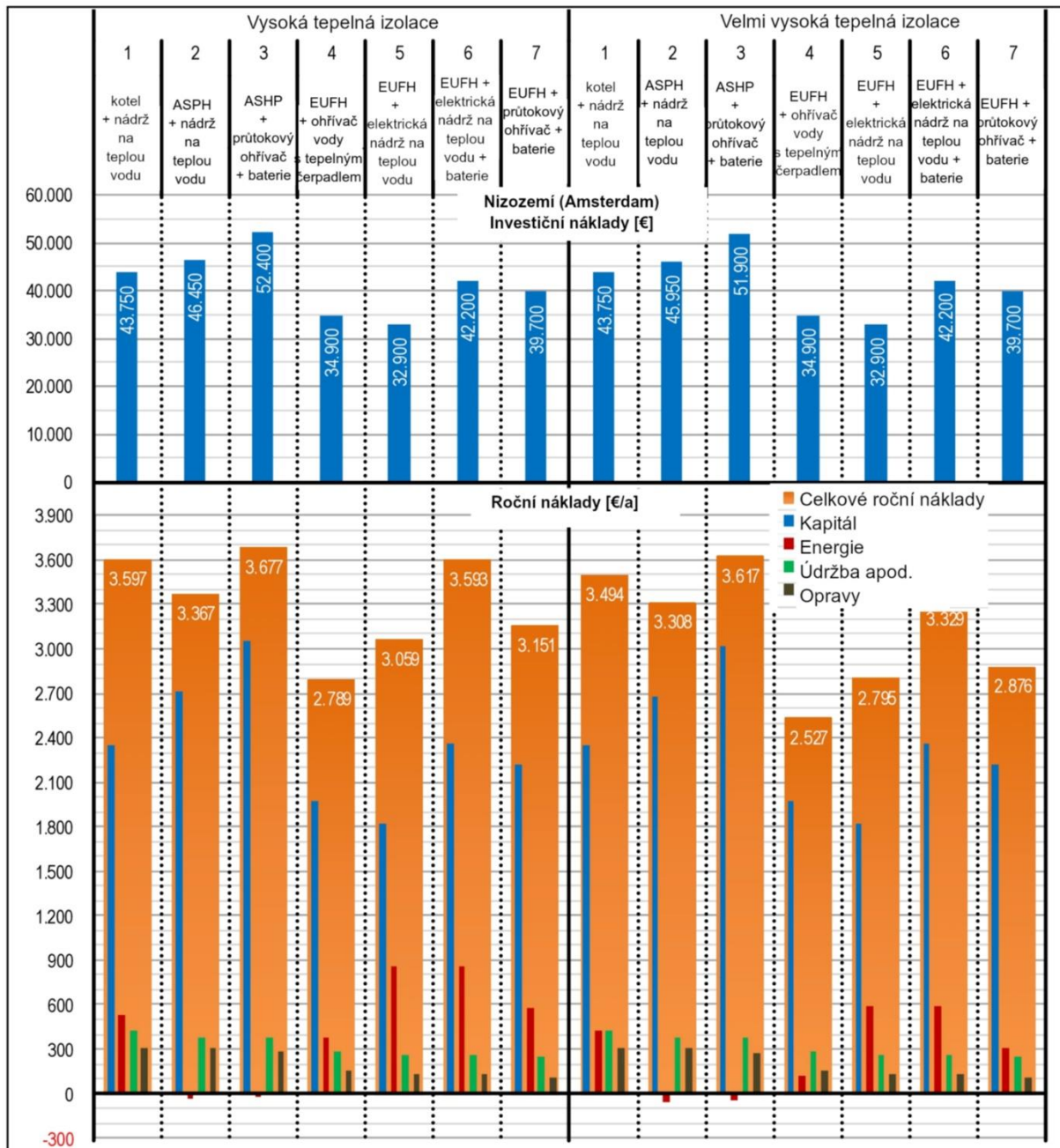
Obrázek 20 Bilance nákladů, Německo



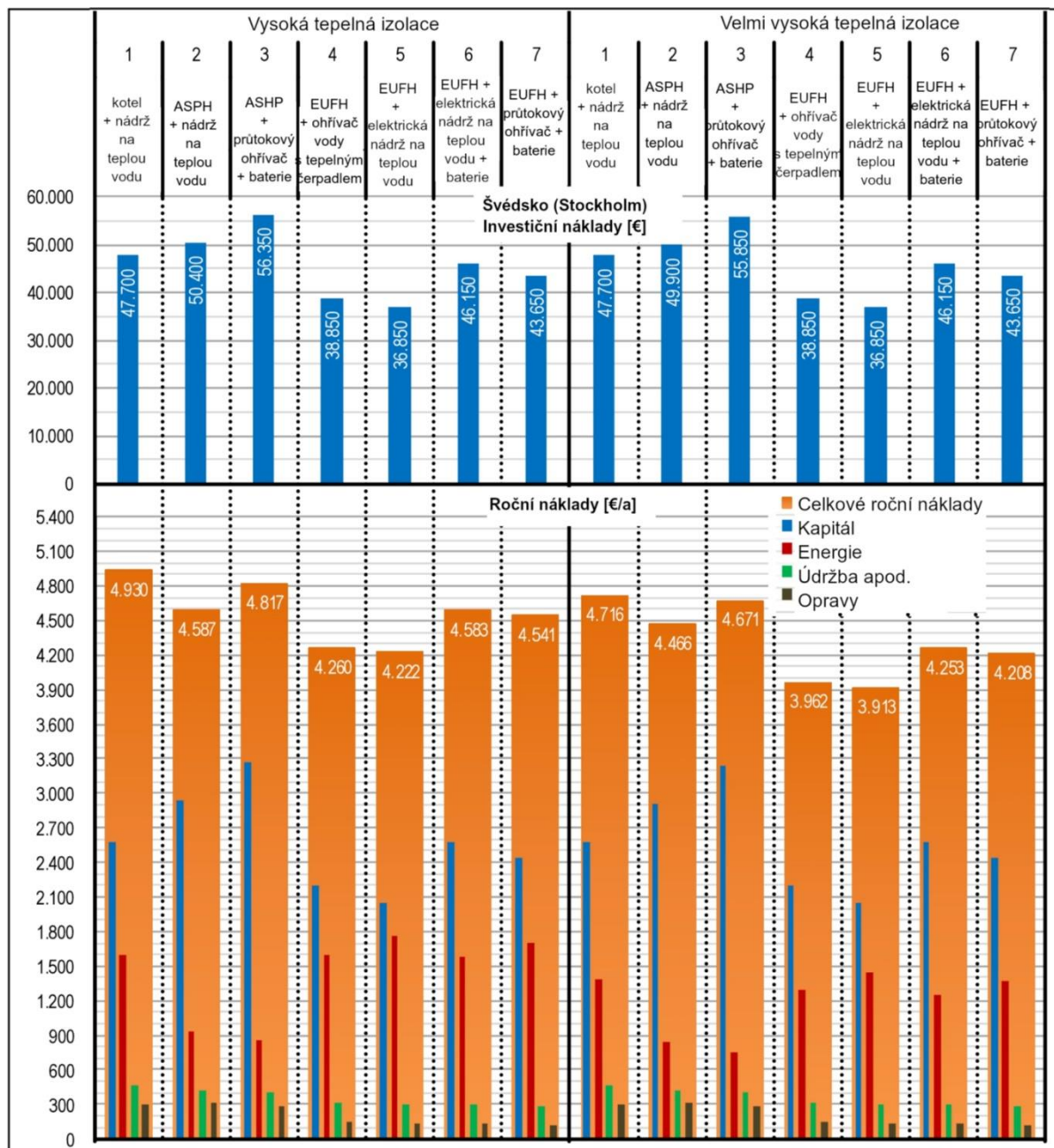
Obrázek 21 Bilance nákladů, Česká republika; Chybějící kolony 3 a 7: Průtokové ohřivače vody nejsou v ČR běžné, protože základní ceny elektriny závisejí na požadavku na proudovou intenzitu budovy



Obrázek 22 Bilance nákladů, Francie



Obrázek 23 Bilance nákladů, Nizozemí



Obrázek 23 Bilance nákladů, Švédsko

Zjištění

- V Německu jsou změny ročních nákladů relativně malé ve vztahu k absolutní úrovni nákladů. Přímé elektrické vytápění s FV přinese podobné celkové roční náklady jako plynové topení s FV – nepatrně vyšší s pouze středně vysokou tepelnou izolací a viditelně nižší v případě vyšší úrovně tepelné izolace.
- V České republice, Francii, Nizozemí a Švédsku se jako pravidlo jeví, že přímé elektrické vytápění vytváří nižší celkové roční náklady než plynové vytápění (vyjma kombinace centrální nádrže na teplou vodu a FV baterie v Nizozemí). V závislosti na tepelné izolaci a systému teplé vody jsou zjištěné rozdíly podstatné.

⁹ V Nizozemí nejsou náklady na energii na základě skutečného čerpání a výkupu, ale na základě skutečné bilance čerpání/výkupu, kde se čerpání a výkup vzájemně vruší. Takže baterie neovlivňuje skutečné náklady na energii; výrazně ale zvyšuje kapitálové náklady.

Pokud jde o celkové roční náklady, profituje přímé elektrické vytápění více z lepší tepelné izolace než plynové vytápění. Je však potřeba myslet na to, že lepší tepelná izolace také způsobí vyšší náklady na straně budovy – náklady na budovu zde nejsou zahrnuty.

Celkově se ve vysoce izolovaných rezidenčních budovách přímé elektrické vytápění v kombinaci s FV systémy jeví ekonomicky zajímavé a často dokonce výhodné ve srovnání s plynovým topením s FV za podobných podmínek. Přestože jsou plynové kondenzační kotle zavedenou, dobře vyzkoušenou a vyspělou technologií, nemají žádný další podstatný potenciál pro optimalizaci efektivnosti a ceny. Naproti tomu použití FV systémů a elektrochemických baterií ve zde nahlíženém kontextu a měřítku je stále srovnatelně nové.

Od uvedení FV systémů montovaných na střechu na širší trh ceny FV panelů významně klesly. Ale když se díváme na ceny panelů v průběhu času, mnoho zdrojů tvrdí, že se cenová křivka pohybuje do stagnace. Proto další poklesy ceny v dohledné budoucnosti, i když jsou stále možné, budou pravděpodobně méně výrazné než v minulosti.

Ve srovnání s tím elektrochemické baterie jako prostředky krátkodobého uložení FV výstupu pouze teprve začaly pronikat na širší trh. Zatímco byla doba, kdy se o stále mladý trh FV baterií dělily technologie na bázi olova a lithium iontové technologie, dnes zdaleka dominují lithium iontové technologie. Tento rychlý a stále pokračující vývoj řídí zejména elektromobilita a ohromná poptávka po vysoce výkonných elektrických článcích s vysokou kapacitou a s tím spojený technický vývoj a efekt rozsahu. Dnes také existují hypotézy, že staré trakční baterie, které se mohou v určité době stát problémem, by mohly být rekonfigurovány a opětovně použity jako stacionární FV baterie ekonomicky schůdným způsobem (ve srovnání s výrobou nových elektrických článků).

S rostoucím využitím nestálých obnovitelných zdrojů energie a s tím, jak se prostředky pro uložení energie stávají stále více důležitými, pokračuje další vývoj směrem k alternativním bateriovým technologiím vhodnějším pro stacionární využití (např. redox průtokové systémy) – i když tento vývoj není poháněn ekonomickou silou srovnatelnou s automobilovým průmyslem.

Vezmeme-li toto všechno v úvahu, můžeme předpokládat, že ceny FV baterií mohou v dohledné budoucnosti stále klesat.

Také se očekává, že elektřina z obnovitelných zdrojů bude ve vztahu ke konvenčním zdrojům energie levnější, než je dnes (např. v důsledku implementace/zvýšení uhlíkových daní na národních úrovních).

Je nutné uvést, že daná čísla vysoce závisí na učiněných předpokladech. Například zkrácená životnost komponenty – ve srovnání s tím, co bylo plánováno nebo původně předpokládáno – by vedla k vyšším kapitálovým nákladům na tuto komponentu (viz. také obrázek 4). Pokud by byly zavedeny dotace (např. snížené investiční náklady nebo snížená úroková sazba), vedlo by to k nižším kapitálovým nákladům.

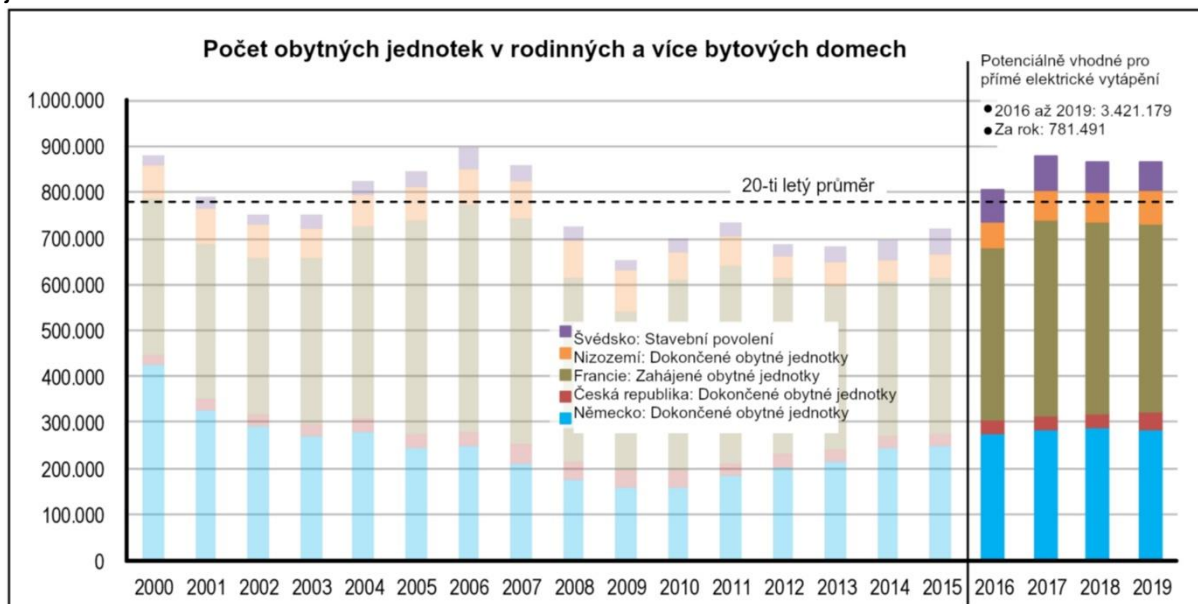
4 Relevance a dopad přímého elektrického vytápění v obytných budovách

4.1 Počet vhodných obytných jednotek

Výroba elektřiny je – v závislosti na použité technologii – často spojena s vysokými náklady a vysokým dopadem na životní prostředí. Také elektřina – která je čistou energií – je univerzálně využitelná vysoce kvalitní energie. Proto by “spalování” elektřiny k vytápění budov mohlo být vnímáno jako nevhodné využití této formy energie. Na druhou stranu s pokračujícími a rostoucími snahami pro výrobu energie z obnovitelných zdrojů (sítí a decentralizované) některé hlasy dokonce předvídají energetický průmysl, který je založený pouze na elektřině (často označovaný jako *plně elektrický svět* nebo *plně elektrická společnost*).

Vezmeme-li v úvahu zvyšující se podíl obnovitelné energie v elektrickém mixu i to, že jsou budovy stále více energeticky efektivní a proto potřebují méně energie na vytápění, může se elektrické vytápění stát více životaschopné, pokud jde o celkové náklady i dopad na životní prostředí. Stále však, máme-li na mysli vysokou hodnotu elektřiny, by se mělo přímé elektrické vytápění používat pouze ve vysoce energeticky úsporných budovách.

V rámci této studie se předpokládá, že – z velké části v důsledku implementace EPBD na národních úrovních – nové rezidenční budovy od doby kolem roku 2016 dále jsou vhodné pro přímé elektrické vytápění. Obrázek 25 napovídá, kolik obytných domů se každý rok postavilo v Německu [9], České republice [10], Francii [11], Nizozemí [12] a Švédsku [13].¹⁰ Od roku 2016 do roku 2019 bylo v těchto zemích postaveno asi 3,4 milionů obytných jednotek; lze předpokládat, že za rok přibude mezi 700.000 a 900.000 novými obytných jednotek.



Obrázek 25 Počet nových obytných jednotek každoročně¹⁰

¹⁰ Zde použitá čísla vyjadřují mírně rozdílné veličiny (povolení pro stavbu budov versus zahájené stavby versus dokončené stavby), protože v této formě byla k dispozici jako anglická publikování ze statistických úřadů každé země. Při použití stejných veličin (raději buď zahájení, nebo dokončení) bychom mohli dostat nepatrně lépe srovnatelná čísla, neměly by se vyskytovat velké odchylky; zobrazená čísla stále poskytují dobrý přehled o měřítku.

Německo: Zatím žádná čísla za rok 2019; uvedená hodnota je odhad podle předchozího roku

Švédsko: Hodnota za rok 2019 mírně opravena, jak to doporučuje zdrojový materiál [10]

4.2 Primární energetická náročnost

4.2.1 Obecné

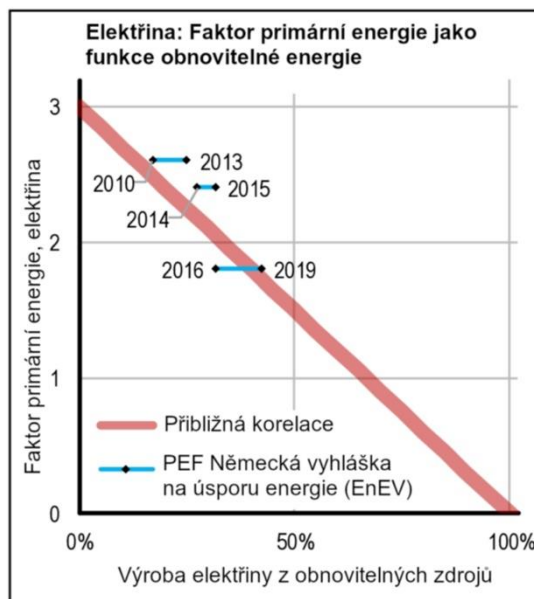
Kapitola 3.2.3 představila hodnoty primární energetické náročnosti pro modelovou stavbu ve 2 různých úrovních tepelné izolace a 7 různých variantách stavebního systému na základě aktuálních faktorů primární energie. V rámci této kapitoly budou výše uvedené výsledky agregovány hlavním generátorem tepla a podrobeny analýze citlivosti pro faktor primární energie elektřiny (4.2.3). To umožňuje obecnější úvahu o dopadu a/nebo možnostech přímého elektrického vytápění s FV ve vysoce izolovaných obytných budovách nyní a v blízké budoucnosti – ve srovnání s plynovým vytápěním (také s FV).

Tato úvaha se koncentruje na primární energii jako hlavní veličinu, kterou definuje EPBD – pro použití v certifikátech náročnosti budov na národní úrovni. Každá země, která se řídí EPBD, by měla mít zavedený nějaký typ legislativy na úsporu energie pro budovy, která limituje množství primární energie, kterou může nová budova spotřebovat za rok. Existují ale také další indikátory k popsání dodavatelských řetězců energie, pokud jde o dopad na životní prostředí. Například se často používají emise skleníkových plynů (nejvýznamněji CO₂, který se také používá jako reference k normalizování jiných skleníkových plynů) a množství obnovitelných zdrojů. Kapitola 4.2.2 provede krátkou exkurzi na téma *primární energie* a její korelace s výše uvedenými indikátory.

4.2.2 Exkurze: Primární energie a jiné indikátory dopadu na životní prostředí

Primární energie shrnuje celkové úsilí nebo náklady, které jsou potřeba k vytažení/získání, zpracování a transportu/dodávce určitého množství finální energie – a to pokud jde o energii (viz. také 2.3/obrázek 1). Můžeme to vnímat jako prostředek k popsání energetické účinnosti komplexních dodavatelských řetězců energie a jejich kombinací. U elektřiny z rozvodné sítě jsou hlavními vlivy účinnost výroby a distribuce elektřiny. Jestliže je například v Německu potřeba určité množství finální energie ve formě elektřiny ze sítě, předpokládá se, že tak bude přidáno 80 % reálně, pokud jde o celkovou energetickou náročnost – což vede k primární energetické náročnosti 180 % (proto $PEF_{EI} = 1,8$).

Množství primární energie potřebné k dodání určitého množství elektřiny se mění v průběhu dne (v závislosti na okamžité energetické bilanci mezi různými elektrárnami) a také v dlouhodobějším měřítku (v závislosti na změnách mixu elektráren). Proto faktory primární energie – jako čistý vědecký nástroj k modelování dodavatelských řetězců energie nebo jejich kombinací (to se v případě elektřiny může měnit relativně rychle) – jsou poněkud nestálé. Zároveň se kvantitativní *faktor primární energie* používá jako prostředek k omezení povolené energetické náročnosti budovy v kontextu zákonných nařízení – tyto zákonem stanovené faktory primární energie pro použití v certifikátech výkonnosti budov mohou mít významný dopad na způsob, jakým lze nebo nelze postavit budovu. Aby bylo zajištěna určitá právní jistota, jsou faktory primární energie používané v certifikátech výkonnosti budov často fixovány na delší období a pouze aktualizovány ve větších krocích. Tyto zákonně stanovené faktory primární energie tedy ze své povahy mohou pouze přiblížit skutečné faktory primární energie jako průměrné hodnoty za určité časové období. Také v některých případech mohou hrát určitou roli politická rozhodnutí, která mají vést energetický mix preferovaným směrem.



Obrázek 26 Primární energetický faktor elektřiny jako funkce množství elektřiny z obnovitelných zdrojů

Při vytváření bilancí primární energie se obvykle pouze energie z neobnovitelných zdrojů počítá jako snaha. Například výše uvedená PEFel s hodnotou 1,8 zahrnuje, že v Německu je určitá část elektřiny vyrobena z obnovitelných zdrojů (> 40 % v roce 2019). Ve skutečnosti faktor primární energie pro elektřinu obvykle poměrně dobře koreluje s využitelným množstvím energie z obnovitelných zdrojů: Faktor s hodnotou 0 by znamenal, že 100 % elektřiny je vyrobeno z obnovitelných zdrojů, zatímco 0 % obnovitelných zdrojů by se projevilo do faktoru někde v oblasti 3¹¹. Obrázek 26 ukazuje obecný trend (silná červená linka) a dává německý faktor primární energie podle Německé vyhlášky na úsporu energie (EnEV) do souvislosti, abychom uvedli příklad. Měli bychom mít na mysli, že faktor s hodnotou 3 pro 0 % obnovitelných zdrojů, přestože je běžně akceptován, je pouze přibližným číslem podléhajícím různým vlivům a také skutečná korelace pro určitou zemi není nezbytně perfektně přímku.

Zatímco faktor primární energie pro elektřinu dobře koreluje s množstvím obnovitelných zdrojů použitých při její výrobě, vše je mnohem komplikovanější, když se díváme na emise skleníkových plynů. Emise skleníkových plynů ze zdrojů energie používaných při výrobě elektřiny se velice liší. Dále nízké emise u zdroje energie ne vždy znamenají také nízkou primární energetickou náročnost – jako příklad uveďme, že výroba nukleární energie se běžně hodnotí jako špatná, pokud jde o primární energii, ale jako dobrá, pokud jde o emise skleníkových plynů¹². To znamená, že na korelaci mezi primární energií a emisemi skleníkových plynů má mnohem větší vliv specifický mix elektráren a zdrojů energie v každé zemi. Můžeme však říci, že se snižujícími se faktory primární energie pro výrobu elektřiny – z velké části řízené zvýšeným využitím obnovitelných zdrojů nahrazujících uhlí, ropu a plyn – se emise skleníkových plynů obvykle také snižují.

4.2.3 Souhrnné výsledky

Mezi zahrnutými zeměmi se uvedené faktory primární energie pro elektřinu pohybují od 1,45 (Nizozemí 2021) do 2,6 (Česká republika). Zatímco faktory primární energie pro zemní plyn se v tomto bodě pravděpodobně výrazně nezmění¹³, poslední roky ukazují významné změny pro elektřinu z velké části v důsledku vyššího využití obnovitelných zdrojů energie, a tento trend bude pravděpodobně pokračovat.

¹¹ Faktor primární energie s hodnotu 3 se běžně používá pro výrobu nukleární energie podle definice – může se mezi jednotlivými zeměmi lišit. PE_{EI} o hodnotě 3 se také přesune do celkové efektivnosti výroby elektřiny a distribuce 33 % – to připomíná mix moderních a některých starších elektráren na fosilní paliva, a proto by měl být reprezentativní pro průměrné podmínky.

¹² V závislosti na zdroji, pro elektřinu z nukleárních elektráren můžeme najít čísla až do asi 110 g/kWh (CO₂eq). Pro srovnání zemní plyn bude emitovat ekvivalent CO₂ ve výši asi 240 g/kWh_{Heat} – pokud se předpokládá 40 % efektivita pro výrobu a distribuci elektřiny, je to 600 g/kWh_{Electricity}.

¹³ Hovoříme-li striktně o zemním plynu (fosilním plynu), množství dodatečné energie vložené do čerpání, transportu a dodávky velmi pravděpodobně zůstane v dohledné budoucnosti na současné úrovni. Proto se pokles u faktoru primární energie neočekává. Mohlo by se argumentovat, že faktor primární energie o hodnotě 1,0 pro zemní plyn, jak se používá ve většině zemí, je obvykle celkem optimistickým zjednodušením a že by se proto měl změnit na nepatrně vyšší číslo.

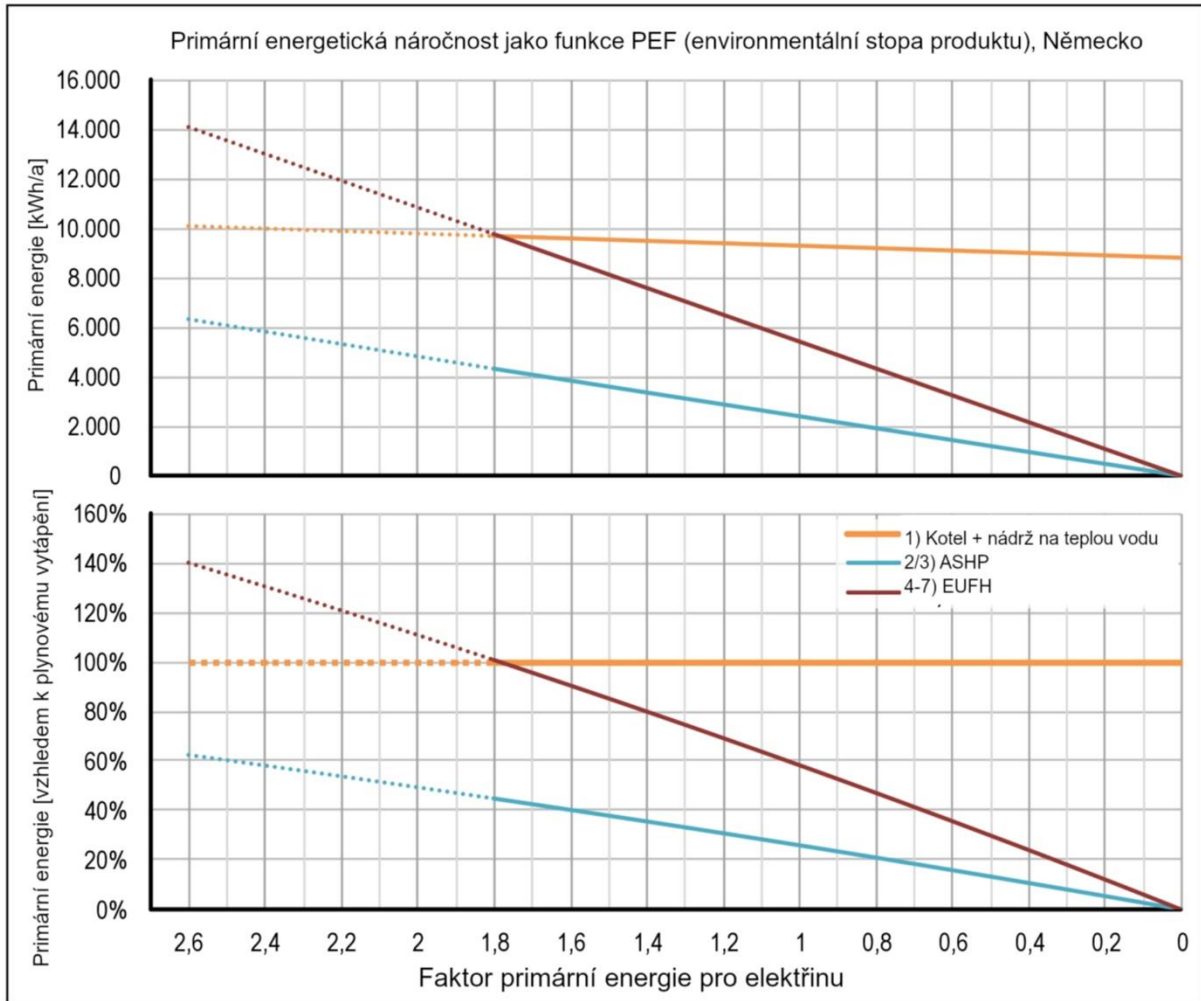
Doposud se termín *plyn* jako sítí dodávaný zdroj energie týká fosilního plynu. Naše chápání tohoto termínu se v budoucnu může změnit, jakmile bude do plynárenské sítě ve významném množství napájen plyn z obnovitelných zdrojů (např. bioplyn, technologie "power-to-gas"). Avšak soudě podle minulého a současného vývoje, podobně rychlý vývoj jaký jsme zaznamenali a stále zaznamenáváme u elektřiny z obnovitelných zdrojů, se alespoň prozatím jeví jako nepravděpodobný.

Následující obrázky ukazují celkovou primární energetickou náročnost modelové budovy – HVAC po FV bez bonusů – jako funkci faktoru primární energie pro elektřinu zprůměrovanou z obou úrovní izolace, pro tyto varianty:

- 1) Kotel + nádrž na teplou vodu: průměrná nová budova s plynovým vytápěním a FV
- Průměr variant 2 a 3) ASHP: průměrná nová budova s tepelným čerpadlem a FV
- Průměr variant 4 Ž 7) EUFH: průměrná nová budova s přímým elektrickým vytápěním a FV

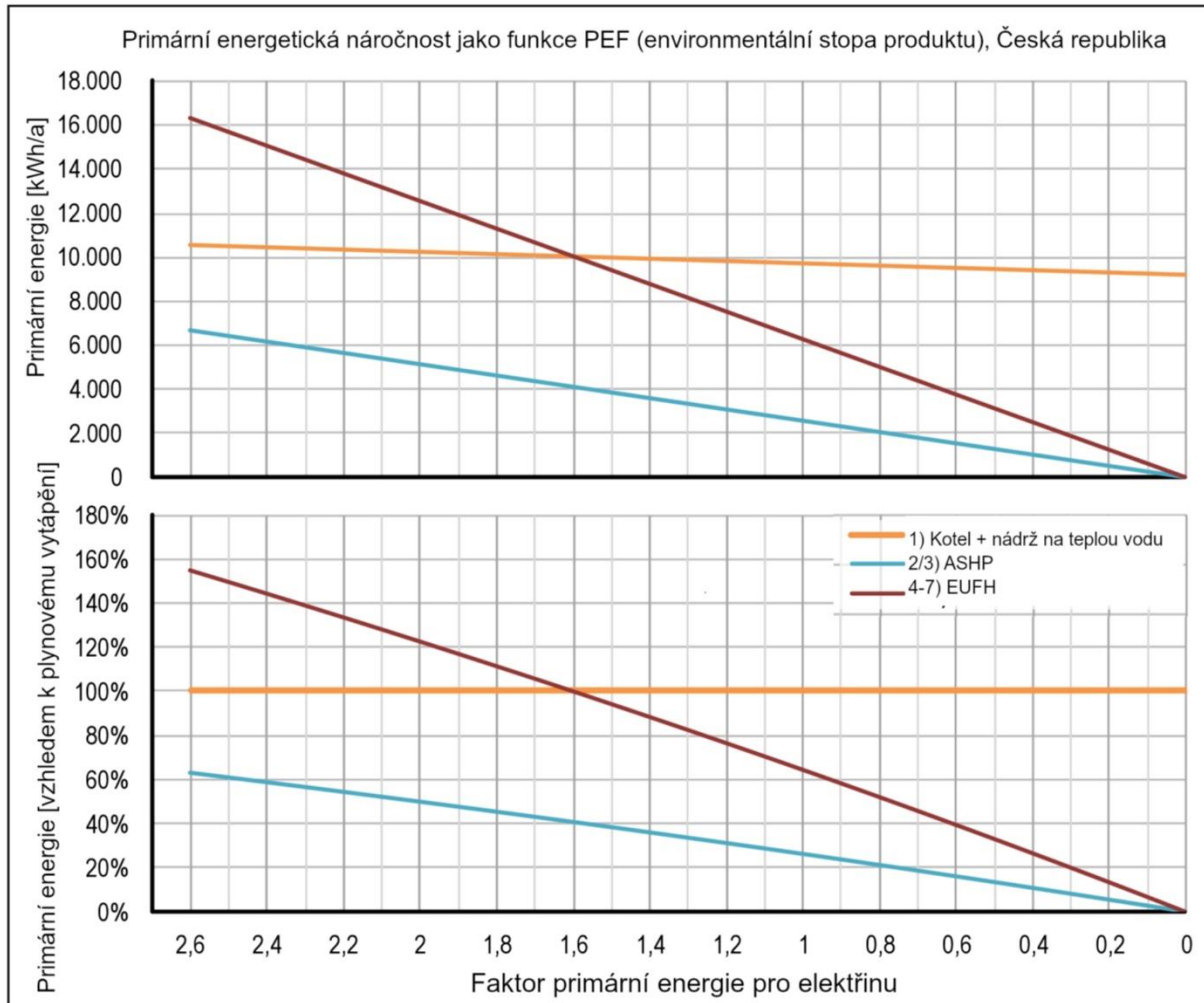
Primární energetická náročnost je zobrazena jako absolutní číslo v kilowatt hodinách za rok a jako procento ve vztahu k variantě s plynovým vytápěním.

Předpokládá se, že výstup FV pro vlastní využití nahrazující elektřinu z rozvodné sítě, má stejný význam jako nahrazená elektřina ze sítě.



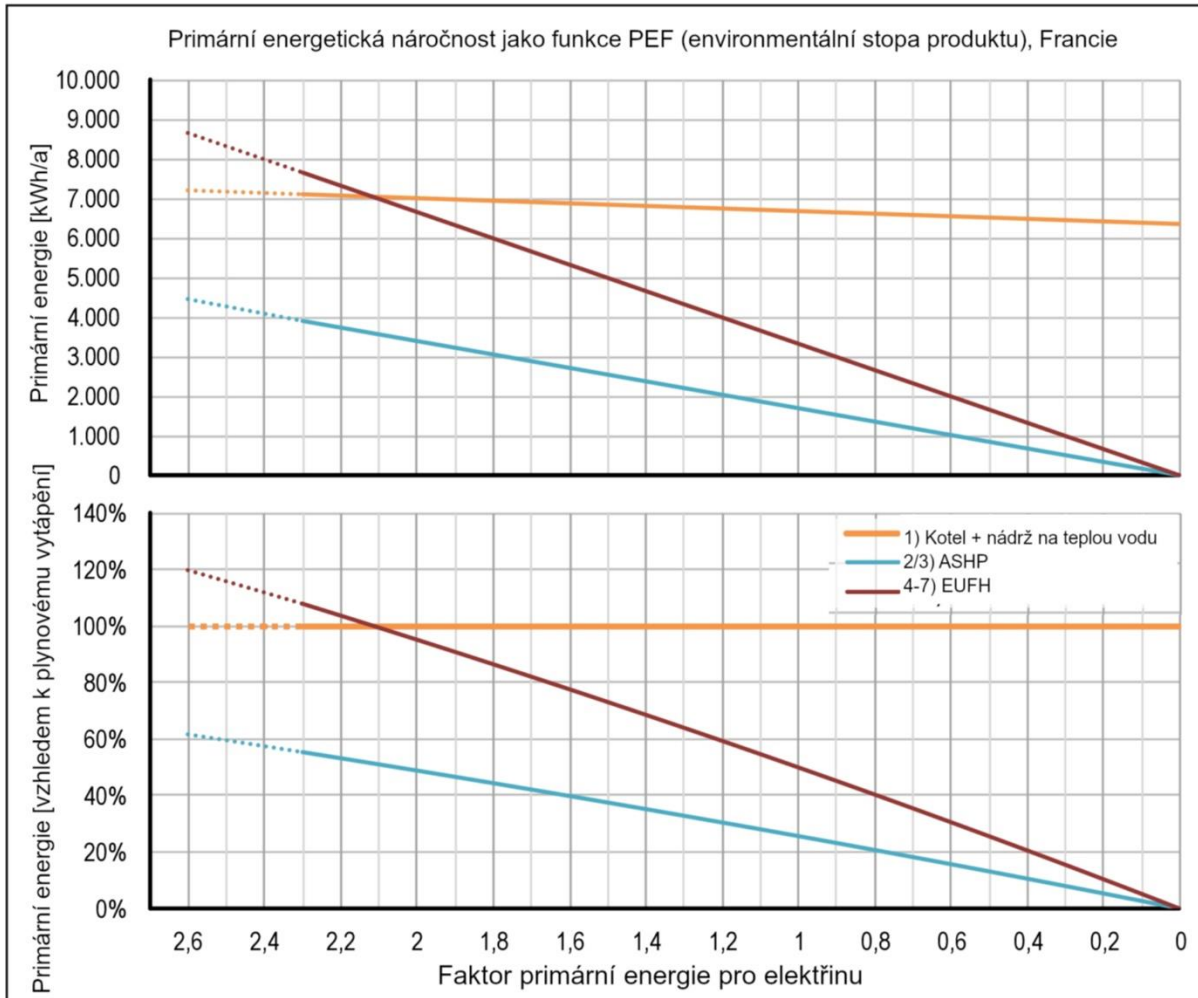
Obrázek 27

Primární energetická náročnost HVAC po FV bez bonusů, Německo

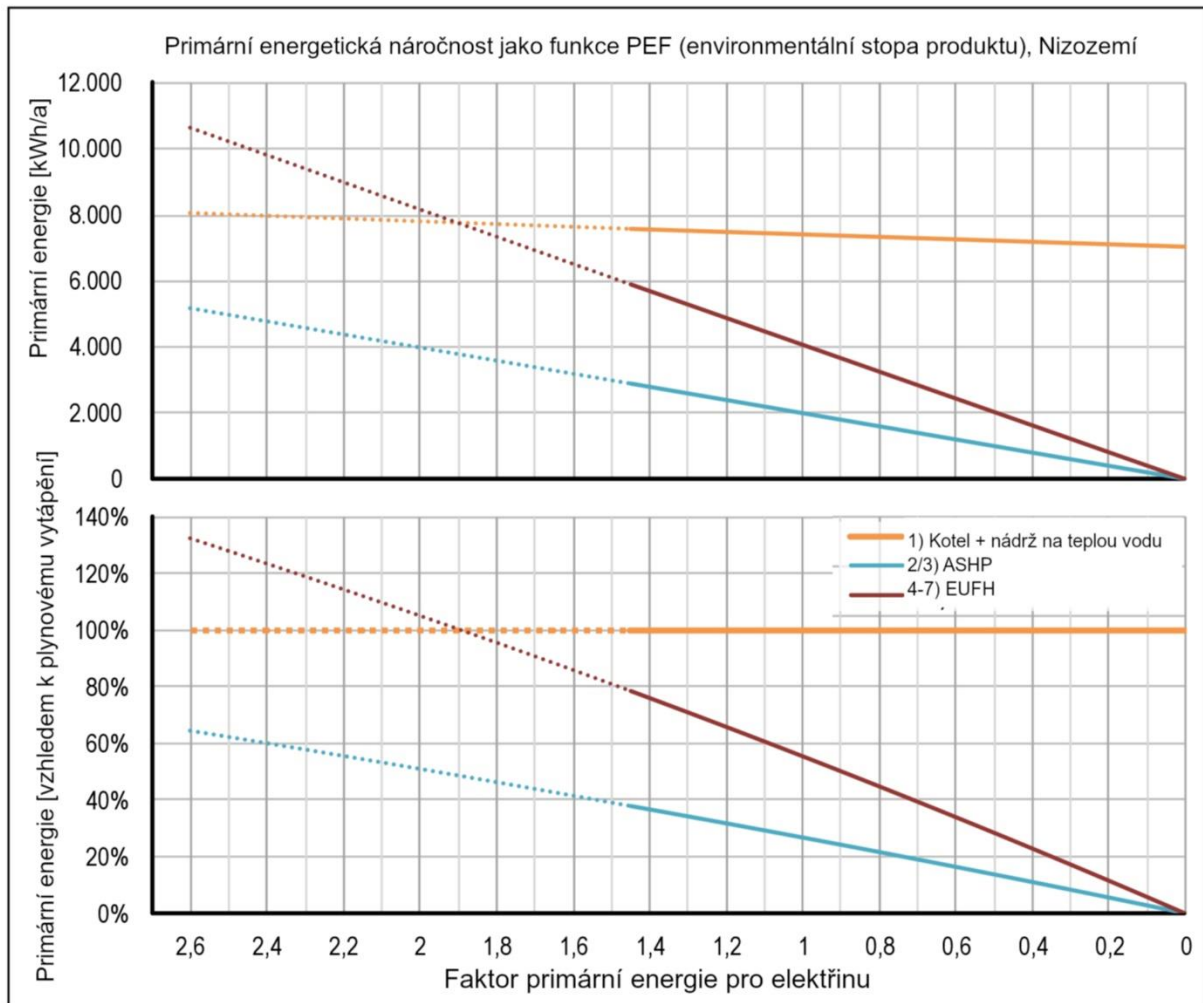


Obrázek 28

Primární energetická náročnost HVAC bez FV bonusů, Česká republika

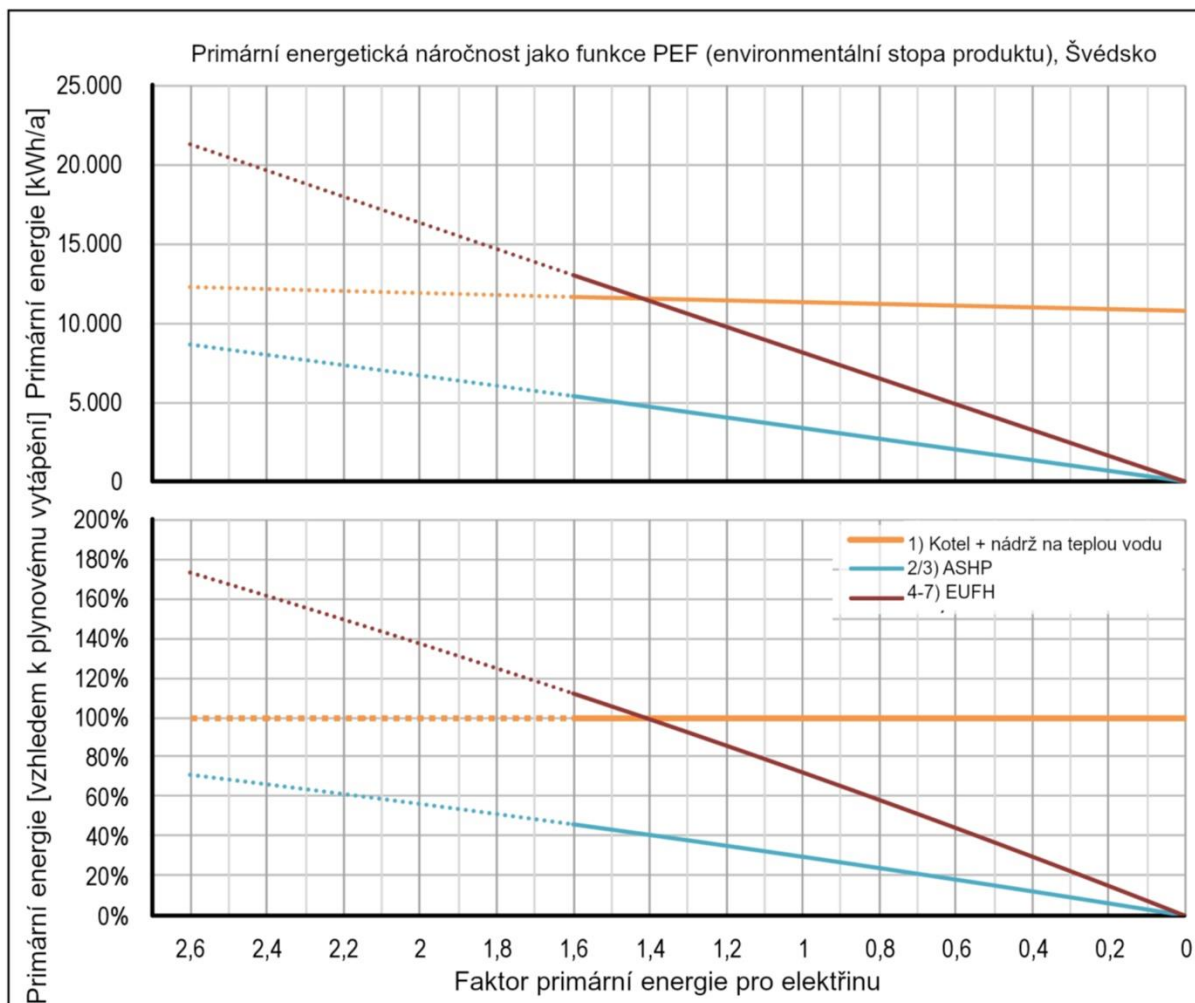


Obrázek 29 Primární energetická náročnost HVAC bez FV bonusů, Francie



Obrázek 30

Primární energetická náročnost HVAC bez FV bonusů, Nizozemí



Obrázek 31 Primární energetická náročnost HVAC bez FV bonusů, Švédsko

Zjištění

Ve srovnání různých variant HVAC modelové stavby, na které se zde díváme (viz. 2.4.1), kde mají všechny varianty stejný FV systém, můžeme, pokud jde o vliv faktoru primární energie pro elektřinu, zjistit následující:

- V Německu je přímé elektrické vytápění v průměru srovnatelné s plynovým vytápěním (rovnost při $PEF_{EI} \approx 1,8$).
- V České republice přináší přímé elektrické vytápění výrazně vyšší primární energetickou náročnost na základě aktuálního faktoru primární energie pro elektřinu – rovnosti dosáhne při $PEF_{EI} \approx 1,6$.
- V Nizozemí, předpokládáme-li faktor primární energie pro elektřinu 1,45 (2021), přináší přímé elektrické vytápění v průměru nižší primární energetickou náročnost, než plynové vytápění.
- Ve Francii přináší přímé elektrické vytápění nepatrně vyšší primární energetickou náročnost než plynové vytápění, ale rovnosti dosáhne při $PEF_{EI} \approx 2,1$.
- Ve Švédsku přináší přímé elektrické vytápění nepatrně vyšší primární energetickou náročnost než plynové nebo dálkové vytápění¹⁴, ale rovnosti dosáhne při $PEF_{EI} \approx 1,4$.

Pro dobře izolovanou modelovou stavbu, a bereme-li v úvahu všech 5 zemí, přímé elektrické vytápění v kombinaci s FV přináší právě teď větší primární energetickou náročnost než plynové vytápění s FV. Ale s pokračující a rostoucí snahou o produkci elektřiny na základě obnovitelných zdrojů a také extrapolací z nedávné minulosti je to pravděpodobně jen otázka času – energie ze sítě se stane “zelenější”.

Naproti tomu v podstatě neexistuje potenciál pro vylepšení zemního plynu jako zdroje energie a kondenzačních kotlů jako technologie, pokud jde o efektivitu, primární energii, emise skleníkových plynů/ znečišťujících látek¹⁵, než je tomu nyní. Samozřejmě by existující infrastruktura plynu mohla a měla být používána také pro méně škodlivé alternativy, pokud/kde/když jsou k dispozici.

Je nutné uvést, že takové srovnání, jaké je provedeno zde, velice závisí na provedených předpokladech i na referenci, proti které je srovnání provedeno. Například, pokud jde o primární energii, přímé elektrické vytápění se obvykle lépe vyrovnává s tepelnou náročností pro budovu (tepelná izolace, vzduchotěsnost) než plynové vytápění; zejména více profituje z lepší tepelné izolace. Proto se pro ještě lepší úroveň tepelné izolace, než je zde předpokládána, mohou objevit jiné výsledky. S přímým elektrickým vytápěním (+ FV) často vznikají nižší celkové roční náklady než s plynovým vytápěním (+ FV), část úspor by se mohla potencionálně investovat do lepší tepelné izolace.

Zde předvedené srovnání předpokládá, že se v každé variantě používá stejný typ FV systému; to platí také v případě plynového vytápění. Pokud by bylo místo toho bylo přímé elektrické vytápění s FV srovnáno oproti plynovému vytápění bez FV, přímé elektrické vytápění by dopadlo poměrně lépe (nebo plynové vytápění poměrně hůř), pokud jde o primární energii, než je uvedeno zde – ale tím by se také změnila roční bilance nákladů ve prospěch plynového vytápění.

¹⁴ Ve Švédsku je velmi běžné dálkové vytápění a používá se stejný faktor primární energie pro zemní plyn a dálkové vytápění. Pokud jde o tepelnou / finální energetickou náročnost, je rozdíl mezi vytápěním budovy kondenzačním plynovým kotlem a napojením na síť dálkového vytápění zanedbatelný; proto se varianta 1 při modelování kondenzačního plynového kotle také velmi přibližuje dálkovému vytápění.

¹⁵ Zatímco specifický požadavek primární energie a emise skleníkových plynů zdroje energie jsou různé věci, obvykle existuje určitá korelace mezi nimi, kde, pokud se jeden zlepší nebo zhorší, druhý to často udělá také (např. podstatné změny výroby elektřiny jako nahrazení starších elektráren novějšími a efektivnějšími nebo zvýšení využití obnovitelných zdrojů, které jsou téměř CO₂ neutrální). To znamená, že zde předvedené vztahy mezi různými zdroji energie (zemní plyn versus elektřina ze sítě) se nemohou vzájemně přesunout do čísel emisí, ale obecné trendy pro každý zdroj to obvykle dělají. Existují však výjimky – nukleární elektřina je například běžně hodnocena s vysokým faktorem primární energie kolem hodnoty 3, zatímco produkuje poměrně málo emisí skleníkových plynů. Viz. také 4.2.2

Reference

- [1] CEN European Committee for Standardization, *EN 15316:2017 Energy performance of buildings -- Methods for calculation of system energy requirements and system efficiencies; All parts*, 2017.
- [2] DIN Deutsches Institut für Normung e.V., *DIN V 18599:2011-12 Energetische Bewertung von Gebäuden -- Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung -- Teile 1 bis 11*, 2011.
- [3] DIN Deutsches Institut für Normung e.V., *DIN V 18599:2018-09 Energetische Bewertung von Gebäuden -- Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwasser und Beleuchtung -- Teile 1 bis 11*, 09/2018.
- [4] Dr.-Ing. Markus Lichtmeß, Goblet Lavandier & Associates, *Vereinfachte Bestimmung der Eigenstromnutzung von PV-Anlagen in einer Monatsbilanz für Wohngebäude. Studie mit Unterstützung des Wirtschaftsministeriums Luxemburg [...]*, Luxemburg, 03/2016.
- [5] JRC PVGIS Photovoltaic Geographical Information System of the Joint Research Centre of the European Commission, *Location-specific TMY data for the Period 2007-2016, PVGIS 5 interface; Data licenced under the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) licence* (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), At the time of writing accessible through <https://ec.europa.eu/jrc/en/PVGIS/tools/tmy>.
- [6] VDI Verein Deutscher Ingenieure, *VDI 2067-1:2012-09 Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen, Grundlagen der Kostenberechnung / Economic efficiency of building installations, Fundamentals and economic calculation*, 09/2012.
- [7] EUROSTAT Statistical Office of the European Union, *Gas prices for household consumers -- bi-annual data (from 2007 onwards) (nrg_pc_202)*, At the time of writing accessible through <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>, 04/2020.
- [8] EUROSTAT Statistical Office of the European Union, *Electricity prices for household consumers -- bi-annual data (from 2007 onwards) (nrg_pc_204)*, At the time of writing accessible through <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>, 04/2020.
- [9] DESTATIS Statistisches Bundesamt, *Bauen und Wohnen; Baugenehmigungen / Baufertigstellungen; Lange Reihen z. T. ab 1949; 2018*, 09.07.2019.
- [10] Czech Statistical Office, *Residential and non-residential construction and buildings permits -- time series; Table 2*, At the time of writing accessible through https://www.czso.cz/csu/czso/bvz_ts, 2020.
- [11] Insee National Institute of Statistics and Economic Studies, *Number of started dwellings -- Total -- France excluding Mayotte [...]* Identifieer 001718154, At the time of writing accessible through <https://www.insee.fr/en/statistiques/serie/001718154>, 2020.
- [12] CBS Statistics Netherlands, *Trends in the Netherlands 2019*, 2019.
- [13] Statistics Sweden, *Building permits for new construction, dwellings in residential buildings and buildings for seasonal and secondary use by region and type of building. Quarterly 1996K1 - 2019K4*, At the time of writing accessible through http://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/en/ssd/START__BO__BO0701/LghHus_typKv/, 2020.
- [14] *EnEV 2014: Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (...) vom 27. Juli 2007 (...), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 18. November 2013 (BGBl. I S. 3951)*.

[15 EUROSTAT Statistical Office of the European Union, *Cooling and heating degree days by country -- monthly data (nrg_chdd_m)*, At the time of writing accessible through <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>.

Příloha Denostupně

Tabulka 18 Denostupně podle průměrných měsíčních hodnot pro mezní hodnotu vytápění 10°C; vypočteno z údajů TMY [3, 5]

Země	Σ	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
Německo Postdam (Německá reference TMY)	1.169	279	227	164	24	0	0	0	0	0	16	177	282
Česká republika Praha: 50°05'N 14°25'E	1.489	313	381	143	24	0	0	0	0	0	68	138	431
Francie Paříž: 48°51'N 02°21'E	703	143	185	102	0	0	0	0	0	0	0	81	192
Nizozemí Amsterdam: 52°22'N 04°54'E	882	267	154	124	51	0	0	0	0	0	0	60	226
Švédsko Stockholm: 59°20'N 18°03'E	1.909	446	370	310	123	0	0	0	0	0	65	198	397

Insolace

Z důvodu stanovení výstupu FV je insolace převedena na intenzitu slunečního záření na jižní polovině střechy.

Tabulka 19 Průměrná intenzita slunečního záření [W/m²], S 37°; vypočteno z údajů TMY [5]

Země	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
Německo Postdam (Německá reference TMY)	53	55	122	216	224	233	201	196	158	114	42	27
Česká republika Praha: 50°05'N 14°25'E	34	99	180	222	156	226	187	189	167	135	62	61
Francie Paříž: 48°51'N 02°21'E	72	92	166	223	210	241	228	210	192	145	57	62
Nizozemí Amsterdam: 52°22'N 04°54'E	39	72	167	223	210	216	213	202	153	107	67	50
Švédsko Stockholm: 59°20'N 18°03'E	18	54	152	220	224	247	211	186	181	78	43	8

Průměrná celková energetická náročnost modelové stavby

Tabulka 20 Průměrná celková energetická náročnost modelové stavby; včetně HVAC a domácích spotřebičů; nejsou aplikovány žádné zisky z FV

Země	Průměrná náročnost [kWh/a]	
	Zemní plyn	Elektřina
Německo	8.000	9.100
Česká republika	9.200	10.000
Francie	6.400	7.800
Nizozemí	7.000	8.300
Švédsko	10.700	13.300

Energetická bilance a náklady na energii

Následující tabulky zleva doprava zobrazují tyto výsledky:

- Finální energetická náročnost celé budovy před FV
 - Užití: stavební systémy (HVAC), domácnost
 - Zdroj energie: plyn celkem, elektřina celkem
- Výstup FV systému
 - Celkem

- Použitý v budově: HVAC, domácnost
- Výkup do sítě
- Energetická bilance mezi sítí a budovou
 - Spotřeba plynu
 - Elektřina (bilance na základě okamžitých hodnot (skutečná bilance) a ročních hodnot¹⁶)
 - Spotřeba: HVAC, domácnost
 - Výkup do sítě
- Náklady na energii
 - Spotřeba plynu
 - Elektřina (buď na základě okamžitých hodnot, nebo ročních hodnot)
 - Spotřeba: HVAC, domácnost
 - Výkup do sítě
 - Celkem
- Primární energetická náročnost (na základě okamžitých hodnot)
 - Energie čerpaná pro HVAC po FV: plyn, elektřina
 - Doplnující výstup FV: domácnost, výkup do sítě
 - Celkem
 - HVAC pouze po FV
 - HVAC s bonusy
 - FV výstup pro vlastní využití
 - Výstup FV na výkup
 - Obojí

Některé sekce těchto tabulek mohou obsahovat kladné i záporné hodnoty – znak odkazuje na množství popsané v nejhornějším řádku záhlaví (př. “Náklady na energie”: kladné hodnoty jsou náklady, záporné hodnoty jsou bonusy).

¹⁶ “Okamžité hodnoty” odkazují na výsledky výpočtu na základě průměrných měsíčních hodnot; ty udávají odhad toho, co by se ve skutečnosti stalo za průměrných podmínek pro standardizované případy použití. “Roční hodnoty” vycházejí z bilance výše uvedených okamžitých hodnot za celý rok. Ve skutečnosti bude budova vybavená FV, pokud je sledována po celý rok, téměř vždy čerpat elektřinu ze sítě i vytvářet elektřinu na výkup do sítě. V roční bilanci bude budova vybavená FV, pokud je sledována po celý rok, dělat pouze jednu z těchto věcí (nebo obě by mohly vyrovnávat na ±0). Roční bilance se používá pouze pro výpočet nákladů na energie v Nizozemí.

Energetická účinnost a nákladová efektivnost elektrického
Vytápění v kombinaci s fotovoltaickými systémy

Tabulka 21 Energetická bilance a náklady na energii, Německo

Úroveň izolace	Varianta	Finální energetická náročnost [kWh/a]							Výstup FV [kWh/a]				Bilance síť-budova [kWh/a]							Náklady na energii [€/a]					Primární energetická náročnost [kWh/a]														
		HVAC					Domácnost	Σ plyn	Σ elektřina	Výstup celkem	Použitý v budově HVAC	Domácnost	Výkup	Plyn čerpany	Elektřina na základě						Plyn	Čerpaná HVAC	Dom.	Na Výkup	Celkem	Čerpaná energie (pouze HVAC)		Doplňující výstup FV		Celkem									
		Výroba tepla		Příslušenství											okamžitých hodnot			roční bilance								Čerpaná HVAC	Dom.	Na výkup	Čerpaná HVAC	Dom.	Na výkup	Plyn	Elektr.	Dom.	Čerpaná	Pouze HVAC	s bonusem na domácnost	s bonusem na výkup	s bonusem na domácnost a výkup
		R ^a	W ^a	R ^a	W ^a	V ^{a,b}									Čerpaná	Na výkup	Čerpaná	Na výkup																					
Vysoká	1 kotel + nádrž na teplou vodu	4.982	3.810	184	123	342	3.733	8.791	4.382	7.362	166	1.286	5.910	8.791	484	2.447	5.910	0	0	2.980	661	149	756	-558	1.008	9.670	871	-4.404	-10.638	10.541	6.137	-97	-4.501						
	2 ASPH + nádrž na teplou vodu	1.479	1.702	106	43	342	3.733	0	7.406	7.362	1.199	1.286	4.877	0	2.474	2.447	4.877	22	22	0	0	495	756	-460	790	0	4.453	-4.404	-8.778	4.453	49	-4.325	-8.729						
	3 ASHP + průt. ohřivač + baterie	1.819	1.651	179	0	342	3.733	0	7.726	7.362	1.235	2.292	3.835	0	2.758	1.441	3.835	188	176	0	0	552	445	-362	634	0	4.964	-2.593	-6.903	4.964	2.371	-1.939	-4.533						
	4 EUFH + ohř. vody s tep. čerpadlem	5.061	1.493	0	43	342	3.733	0	10.672	7.362	1.369	1.256	4.737	0	5.571	2.477	4.737	2.152	1.158	0	0	1.114	765	-447	1.432	0	10.027	-4.458	-8.527	10.027	5.569	1.500	-2.958						
	5 EUFH + elek. nádrž na teplou vodu	5.159	3.527	0	37	342	3.733	0	12.797	7.362	2.403	1.239	3.721	0	6.661	2.495	3.721	3.850	1.585	0	0	1.332	770	-351	1.751	0	11.990	-4.490	-6.697	11.990	7.500	5.293	803						
	6 EUFH + elektrická nádrž na teplou vodu + baterie	5.159	3.527	0	37	342	3.733	0	12.797	7.362	3.220	1.822	2.320	0	5.845	1.911	2.320	3.850	1.585	0	0	1.169	590	-219	1.540	0	10.520	-3.440	-4.177	10.520	7.080	6.344	2.904						
	7 EUFH + průt. ohřivač + baterie	6.071	1.651	0	0	342	3.733	0	11.798	7.362	1.495	1.892	3.975	0	6.570	1.841	3.975	3.032	1.404	0	0	1.314	569	-375	1.507	0	11.826	-3.314	-7.155	11.826	8.512	4.671	1.356						
velmi vysoká	1 kotel + nádrž na teplou vodu	3.465	3.839	176	128	342	3.733	7.303	4.380	7.362	166	1.286	5.910	7.303	481	2.447	5.910	0	0	2.983	549	148	756	-558	895	8.033	865	-4.404	-10.638	8.899	4.495	-1.739	-6.143						
	2 ASPH + nádrž na teplou vodu	1.028	1.699	85	43	342	3.733	0	6.931	7.362	1.086	1.286	4.990	0	2.112	2.447	4.990	0	0	431	0	422	756	-471	707	0	3.801	-4.404	-8.982	3.801	-603	-5.180	-9.584						
	3 ASHP + průt. ohřivač + baterie	1.335	1.650	158	0	342	3.733	0	7.219	7.362	1.114	2.375	3.873	0	2.372	1.358	3.873	0	0	143	0	474	419	-366	528	0	4.270	-2.444	-6.972	4.270	1.826	-2.701	-5.146						
	4 EUFH + ohř. vody s tep. čerpadlem	3.520	1.490	0	43	342	3.733	0	9.129	7.362	1.183	1.276	4.904	0	4.214	2.457	4.904	1.044	723	0	0	843	759	-463	1.139	0	7.584	-4.423	-8.826	7.584	3.162	-1.242	-5.664						
	5 EUFH + elek. nádrž na teplou vodu	3.609	3.522	0	37	342	3.733	0	11.243	7.362	2.244	1.258	3.860	0	5.266	2.475	3.860	2.592	1.288	0	0	1.053	764	-364	1.453	0	9.478	-4.455	-6.949	9.478	5.023	2.530	-1.925						
	6 EUFH + elektrická nádrž na teplou vodu + baterie	3.609	3.522	0	37	342	3.733	0	11.243	7.362	3.215	1.928	2.219	0	4.294	1.805	2.219	2.592	1.288	0	0	859	557	-209	1.207	0	7.730	-3.250	-3.995	7.730	4.480	3.735	485						
	7 EUFH + průt. ohřivač + baterie	4.453	1.650	0	0	342	3.733	0	10.179	7.362	1.413	2.030	3.920	0	5.033	1.703	3.920	1.784	1.033	0	0	1.007	526	-370	1.163	0	9.060	-3.066	-7.055	9.060	5.994	2.005	-1.061						

^a R: Pokojové vytápění, W: Ohřev vody, V: Ventilace

^b Ventilací systém je nakonfigurován pouze na provoz vytápění v sezóně. Proto energetická náročnost ventilace závisí na (vypočtené) délce topné sezóny.

Energetická účinnost a nákladová efektivnost elektrického
Vytápění v kombinaci s fotovoltaickými systémy

Tabulka 22 Energetická bilance a náklady na energii, Česká republika

Úroveň izolace	Varianta	Finální energetická náročnost [kWh/a]							Výstup FV [kWh/a]				Bilance síť-budova [kWh/a]							Náklady na energii [€/a]					Primární energetická náročnost [kWh/a]											
		HVAC					Domácnost	Σ plyn	Σ elektřina	Výstup celkem	Použitý v budovně	Výkup	Plyn čerpaný	Elektřina na základě						Plyn	Čerpaná HVAC	Dom.	Na výkup	Celkem	Čerpaná energie (pouze HVAC)		Doplňující výstup FV		Celkem							
		Výroba tepla		Příslušenství										okamžitých hodnot		roční bilance									Čerpaná HVAC		Na výkup		Plyn	Elektř.	Dom.	Čerpaná	Pouze HVAC	s bonusem na domácnost	s bonusem na výkup	s bonusem na domácnost a výkup
		R ^a	W ^a	R ^a	W ^a	V ^{a,b}								Čerpaná	Na výkup	Čerpaná	Na výkup	Čerpaná	Na výkup						Čerpaná	Dom.	Čerpaná	Dom.	Čerpaná	Dom.	Čerpaná	Čerpaná	Čerpaná	s bonusem na domácnost	s bonusem na výkup	s bonusem na domácnost a výkup
Vysoká	1 kotel + nádrž na teplou vodu	6.384	3.810	236	123	342	3.733	10.193	4.434	7.672	202	1.353	6.116	10.193	499	2.380	6.116	0	0	3.237	597	87	416	-245	856	10.193	1.297	-6.187	-15.901	11.490	5.303	-4.411	-10.598			
	2 ASPH + nádrž na teplou vodu	1.896	1.702	136	43	342	3.733	0	7.852	7.672	1.501	1.353	4.817	0	2.619	2.380	4.817	95	86	0	0	306	278	-193	392	0	6.808	-6.187	-12.525	6.808	621	-5.717	-11.904			
	3 ASHP + průt. ohřivač + baterie	2.331	1.651	230	0	342	3.733	0	8.288	7.672	1.574	2.320	3.778	0	2.981	1.413	3.778	339	278	0	0	0	0	0	0	0	7.751	-3.674	-9.822	7.751	4.077	-2.071	-5.745			
	4 EUFH + ohř. vody s tep. čerpadlem	6.485	1.493	0	43	342	3.733	0	12.096	7.672	1.746	1.295	4.631	0	6.617	2.438	4.631	3.059	1.365	0	0	774	285	-185	874	0	17.205	-6.340	-12.040	17.205	10.865	5.164	-1.176			
	5 EUFH + elek. nádrž na teplou vodu	6.610	3.527	0	37	342	3.733	0	14.249	7.672	2.805	1.281	3.586	0	7.712	2.452	3.586	4.854	1.723	0	0	902	287	-143	1.046	0	20.050	-6.375	-9.324	20.050	13.675	10.726	4.351			
	6 EUFH + elektrická nádrž na teplou vodu + baterie	6.610	3.527	0	37	342	3.733	0	14.249	7.672	3.790	1.874	2.007	0	6.726	1.859	2.007	4.854	1.723	0	0	787	217	-80	924	0	17.488	-4.833	-5.219	17.488	12.654	12.268	7.435			
	7 EUFH + průt. ohřivač + baterie	7.780	1.651	0	0	342	3.733	0	13.507	7.672	2.045	1.921	3.706	0	7.729	1.812	3.706	4.222	1.613	0	0	0	0	0	0	0	0	20.094	-4.712	-9.636	20.094	15.382	10.458	5.746		
velmi vysoká	1 kotel + nádrž na teplou vodu	4.440	3.839	225	128	342	3.733	8.278	4.429	7.672	202	1.353	6.116	8.278	494	2.380	6.116	0	0	3.243	485	86	416	-245	743	8.278	1.284	-6.187	-15.902	9.562	3.376	-6.339	-12.526			
	2 ASPH + nádrž na teplou vodu	1.317	1.699	109	43	342	3.733	0	7.244	7.672	1.317	1.353	5.001	0	2.194	2.380	5.001	0	0	428	0	257	278	-200	335	0	5.703	-6.187	-13.002	5.703	-484	-7.299	-13.486			
	3 ASHP + průt. ohřivač + baterie	1.711	1.650	203	0	342	3.733	0	7.640	7.672	1.435	2.425	3.812	0	2.472	1.308	3.812	0	0	32	0	0	0	0	0	0	6.427	-3.402	-9.912	6.427	3.026	-3.485	-6.887			
	4 EUFH + ohř. vody s tep. čerpadlem	4.511	1.490	0	43	342	3.733	0	10.120	7.672	1.555	1.331	4.786	0	4.832	2.402	4.786	1.545	903	0	0	565	281	-191	655	0	12.563	-6.246	-12.444	12.563	6.317	119	-6.127			
	5 EUFH + elek. nádrž na teplou vodu	4.624	3.522	0	37	342	3.733	0	12.258	7.672	2.620	1.309	3.743	0	5.905	2.424	3.743	3.190	1.397	0	0	691	284	-150	825	0	15.354	-6.304	-9.732	15.354	9.050	5.621	-682			
	6 EUFH + elektrická nádrž na teplou vodu + baterie	4.624	3.522	0	37	342	3.733	0	12.258	7.672	3.700	1.988	1.984	0	4.825	1.745	1.984	3.190	1.397	0	0	565	204	-79	689	0	12.546	-4.538	-5.158	12.546	8.008	7.387	2.850			
	7 EUFH + průt. ohřivač + baterie	5.706	1.650	0	0	342	3.733	0	11.432	7.672	1.844	2.046	3.781	0	5.855	1.687	3.781	2.533	1.228	0	0	0	0	0	0	0	0	15.222	-4.385	-9.830	15.222	10.837	5.392	1.007		

- a R: Pokojové vytápění, W: Ohřev vody, V: Ventilace
b Ventilací systém je nakonfigurován pouze na provoz vytápění v sezóně. Proto energetická náročnost ventilace závisí na (vypočtené) délce topné sezóny.
c Průtokové ohřivače vody nejsou v ČR běžné, protože základní ceny elektřiny závisí na požadavku stavby na proudovou intenzitu. Proto nejsou zobrazeny žádné náklady/ceny u variant s průtokovým ohřivači vody (3, 6).

Energetická účinnost a nákladová efektivnost elektrického
Vytápění v kombinaci s fotovoltaickými systémy

Tabulka 23 Energetická bilance a náklady na energii, Francie

Úroveň izolace	Varianta	Finální energetická náročnost [kWh/a]							Výstup FV [kWh/a]				Balance síť-budova [kWh/a]						Náklady na energii [€/a]				Primární energetická náročnost [kWh/a]													
		HVAC					Domácnost	Σ plyn	Σ elektřina	Výstup celkem	Použitý v budově HVAC	Výkup Domácnost	Plyn Čerpaný	Elektřina na základě				Plyn	Elektřina		Celkem	Čerpaná energie (pouze HVAC)		Doplňující výstup FV		Celkem										
		Výroba tepla		Příslušenství										okamžitých hodnot		roční bilance			Čerpaná HVAC	Dom.		Na výkup	Čerpaná HVAC	Dom.	Na výkup	Čerpaná HVAC	Dom.	Na výkup	Plyn	Elektr.	Dom.	Čerpaná	Pouze HVAC	s bonusem na domácnost	s bonusem na výkup	s bonusem na domácnost a výkup
		R ^a	W ^b	R ^a	W ^b	V ^{a,b}								Čerpaná HVAC	Dom.	Na výkup	Čerpaná HVAC																			
		R ^a	W ^b	R ^a	W ^b	V ^{a,b}	Domácnost	Σ plyn	Σ elektřina	Výstup celkem	Použitý v budově HVAC	Výkup Domácnost	Plyn Čerpaný	Čerpaná HVAC	Dom.	Na výkup	Čerpaná HVAC	Dom.	Na výkup	Plyn	Čerpaná HVAC	Dom.	Na výkup	Celkem	Čerpaná energie (pouze HVAC)	Doplňující výstup FV	Pouze HVAC	s bonusem na domácnost	s bonusem na výkup	s bonusem na domácnost a výkup						
Vysoká	1 kotel + nádrž na teplou vodu	2.996	3.810	111	123	244	3.733	6.806	4.211	8.496	140	1.415	6.941	6.806	338	2.318	6.941	0	0	4.285	714	59	405	-694	484	6.806	777	-5.331	-15.964	7.583	2.252	-8.381	-13.712			
	2 ASPH + nádrž na teplou vodu	890	1.702	64	43	244	3.733	0	6.676	8.496	1.188	1.415	5.892	0	1.755	2.318	5.892	0	0	1.820	0	205	405	-589	21	0	4.036	-5.331	-13.553	4.036	-1.295	-9.517	-14.848			
	3 ASHP + průt. ohřivač + baterie	1.094	1.651	108	0	244	3.733	0	6.830	8.496	1.257	2.722	4.516	0	1.840	1.011	4.516	0	0	1.665	0	215	177	-452	-60	0	4.233	-2.324	-10.387	4.233	1.909	-6.154	-8.479			
	4 EUFH + ohř. vody s tep. čerpadlem	3.044	1.493	0	43	244	3.733	0	8.557	8.496	1.339	1.415	5.741	0	3.485	2.318	5.741	34	27	0	0	408	405	-574	239	0	8.014	-5.331	-13.205	8.014	2.684	-5.191	-10.522			
	5 EUFH + elek. nádrž na teplou vodu	3.103	3.527	0	37	244	3.733	0	10.643	8.496	2.565	1.411	4.520	0	4.344	2.322	4.520	1.394	753	0	0	508	406	-452	462	0	9.992	-5.342	-10.395	9.992	4.650	-404	-5.745			
	6 EUFH + elektrická nádrž na teplou vodu + baterie	3.103	3.527	0	37	244	3.733	0	10.643	8.496	3.693	2.188	2.615	0	3.217	1.545	2.615	1.394	753	0	0	376	270	-261	385	0	7.399	-3.553	-6.014	7.399	3.847	1.385	-2.167			
	7 EUFH + průt. ohřivač + baterie	3.651	1.651	0	0	244	3.733	0	9.280	8.496	1.634	2.341	4.521	0	3.913	1.392	4.521	469	315	0	0	458	243	-452	249	0	9.000	-3.201	-10.398	9.000	5.799	-1.398	-4.600			
velmi vysoká	1 kotel + nádrž na teplou vodu	2.084	3.839	106	128	244	3.733	5.922	4.211	8.496	141	1.415	6.940	5.922	338	2.318	6.940	0	0	4.285	621	59	405	-694	391	5.922	776	-5.331	-15.962	6.699	1.368	-9.263	-14.594			
	2 ASPH + nádrž na teplou vodu	618	1.699	51	43	244	3.733	0	6.389	8.496	1.098	1.415	5.982	0	1.558	2.318	5.982	0	0	2.107	0	182	405	-598	-11	0	3.583	-5.331	-13.760	3.583	-1.748	-10.177	-15.508			
	3 ASHP + průt. ohřivač + baterie	803	1.650	95	0	244	3.733	0	6.525	8.496	1.110	2.782	4.603	0	1.682	951	4.603	0	0	1.970	0	197	166	-460	-97	0	3.869	-2.188	-10.588	3.869	1.681	-6.719	-8.907			
	4 EUFH + ohř. vody s tep. čerpadlem	2.117	1.490	0	43	244	3.733	0	7.628	8.496	1.118	1.415	5.962	0	2.776	2.318	5.962	0	0	868	0	325	405	-596	134	0	6.385	-5.331	-13.713	6.385	1.055	-7.328	-12.658			
	5 EUFH + elek. nádrž na teplou vodu	2.170	3.522	0	37	244	3.733	0	9.706	8.496	2.362	1.415	4.719	0	3.611	2.318	4.719	745	465	0	0	422	405	-472	356	0	8.305	-5.331	-10.854	8.305	2.975	-2.548	-7.879			
	6 EUFH + elektrická nádrž na teplou vodu + baterie	2.170	3.522	0	37	244	3.733	0	9.706	8.496	3.668	2.298	2.529	0	2.305	1.435	2.529	745	465	0	0	270	251	-253	267	0	5.301	-3.299	-5.817	5.301	2.001	-517	-3.816			
	7 EUFH + průt. ohřivač + baterie	2.678	1.650	0	0	244	3.733	0	8.306	8.496	1.485	2.478	4.533	0	3.087	1.255	4.533	0	0	190	0	361	219	-453	127	0	7.101	-2.887	-10.425	7.101	4.213	-3.324	-6.212			

^a R: Pokojové vytápění, W: Ohřev vody, V: Ventilace

^b Ventilací systém je nakonfigurován pouze na provoz vytápění v sezóně. Proto energetická náročnost ventilace závisí na (vypočtené) délce topné sezóny.

Energetická účinnost a nákladová efektivnost elektrického
Vytápění v kombinaci s fotovoltaickými systémy

Tabulka 24 Energetická bilance a náklady na energii, Nizozemí

Úroveň izolace	Varianta	Finální energetická náročnost [kWh/a]							Výstup FV [kWh/a]				Balance síť-budova [kWh/a]						Náklady na energii [€/a]				Primární energetická náročnost [kWh/a]												
		HVAC					Domácnost	Σ plyn	Σ elektrina	Výstup celkem	Použitý v budově HVAC	Domácnost	Výkup	Plyn čerpaný	Elektrina na základě				Plyn	Čerpaná HVAC	Dom.	Na výkup	Celkem	Čerpaná energie (pouze HVAC)		Doplňující výstup FV		Celkem							
		Výroba tepla		Příslušenství											okamžitých hodnot		roční bilance							Čerpaná		Na		Plyn	Elektř.	Dom.	Čerpaná	Pouze HVAC	s bonusem na domácnost	s bonusem na výkup	s bonusem na domácnost a výkup
		R ^a	W ^a	R ^a	W ^a	V ^{a,b}									HVAC	Dom.	HVAC	Dom.						HVAC	Dom.	HVAC	Dom.	HVAC	Dom.	HVAC	Dom.	HVAC	Dom.	HVAC	Dom.
Vysoká	1 kotel + nádrž na teplou vodu	3.759	3.810	139	123	292	3.733	7.569	4.287	7.690	157	1.354	6.179	7.569	398	2.379	6.179	0	0	3.403	697	0	0	-170	527	7.569	576	-3.449	-8.960	8.145	4.696	-815	-4.264		
	2 ASPH + nádrž na teplou vodu	1.116	1.702	80	43	292	3.733	0	6.967	7.690	1.185	1.354	5.151	0	2.049	2.379	5.151	0	0	723	0	0	0	-36	-36	0	2.970	-3.449	-7.468	2.970	-479	-4.498	-7.947		
	3 ASHP + průt. ohřivač + baterie	1.373	1.651	135	0	292	3.733	0	7.185	7.690	1.277	2.543	3.871	0	2.175	1.190	3.871	0	0	505	0	0	0	-25	-25	0	3.154	-1.726	-5.613	3.154	1.428	-2.458	-4.184		
	4 EUFH + ohř. vody s tep. čerpadlem	3.819	1.493	0	43	292	3.733	0	9.380	7.690	1.380	1.352	4.958	0	4.267	2.381	4.958	1.017	673	0	0	229	151	0	380	0	6.187	-3.452	-7.189	6.187	2.735	-1.002	-4.454		
	5 EUFH + elek. nádrž na teplou vodu	3.893	3.527	0	37	292	3.733	0	11.481	7.690	2.522	1.341	3.827	0	5.226	2.392	3.827	2.558	1.233	0	0	576	277	0	853	0	7.578	-3.468	-5.549	7.578	4.110	2.029	-1.440		
	6 EUFH + elektrická nádrž na teplou vodu + baterie	3.893	3.527	0	37	292	3.733	0	11.481	7.690	3.659	2.068	1.963	0	4.089	1.665	1.963	2.558	1.233	0	0	576	277	0	853	0	5.929	-2.414	-2.846	5.929	3.515	3.083	669		
	7 EUFH + průt. ohřivač + baterie	4.581	1.651	0	0	292	3.733	0	10.258	7.690	1.722	2.184	3.784	0	4.803	1.549	3.784	1.633	934	0	0	368	210	0	578	0	6.964	-2.246	-5.487	6.964	4.718	1.477	-769		
velmi vysoká	1 kotel + nádrž na teplou vodu	2.614	3.839	133	128	292	3.733	6.453	4.286	7.690	157	1.354	6.179	6.453	396	2.379	6.179	0	0	3.404	594	0	0	-170	424	6.453	574	-3.449	-8.959	7.027	3.578	-1.932	-5.381		
	2 ASPH + nádrž na teplou vodu	776	1.699	64	43	292	3.733	0	6.608	7.690	1.088	1.354	5.248	0	1.787	2.379	5.248	0	0	1.083	0	0	0	-54	-54	0	2.591	-3.449	-7.610	2.591	-858	-5.019	-8.468		
	3 ASHP + průt. ohřivač + baterie	1.007	1.650	120	0	292	3.733	0	6.803	7.690	1.144	2.615	3.930	0	1.925	1.118	3.930	0	0	887	0	0	0	-44	-44	0	2.792	-1.620	-5.699	2.792	1.171	-2.907	-4.528		
	4 EUFH + ohř. vody s tep. čerpadlem	2.656	1.490	0	43	292	3.733	0	8.215	7.690	1.150	1.354	5.186	0	3.333	2.379	5.186	286	239	0	0	64	54	0	118	0	4.832	-3.449	-7.520	4.832	1.383	-2.688	-6.137		
	5 EUFH + elek. nádrž na teplou vodu	2.723	3.522	0	37	292	3.733	0	10.307	7.690	2.342	1.354	3.995	0	4.232	2.379	3.995	1.669	948	0	0	376	213	0	589	0	6.136	-3.450	-5.792	6.136	2.686	344	-3.106		
	6 EUFH + elektrická nádrž na teplou vodu + baterie	2.723	3.522	0	37	292	3.733	0	10.307	7.690	3.618	2.181	1.891	0	2.956	1.552	1.891	1.669	948	0	0	376	213	0	589	0	4.286	-2.250	-2.742	4.286	2.035	1.544	-706		
	7 EUFH + průt. ohřivač + baterie	3.360	1.650	0	0	292	3.733	0	9.036	7.690	1.526	2.303	3.861	0	3.777	1.430	3.861	790	556	0	0	178	125	0	303	0	5.476	-2.074	-5.598	5.476	3.402	-122	-2.196		

a R: Pokojové vytápění, W: Ohřev vody, V: Ventilace

b Ventilací systém je nakonfigurován pouze na provoz vytápění v sezóně. Proto energetická náročnost ventilace závisí na (vypočtené) délce topné sezóny.

c Na základě roční bilance

Energetická účinnost a nákladová efektivnost elektrického
Vytápění v kombinaci s fotovoltaickými systémy

Tabulka 25 Energetická bilance a náklady na energii, Švédsko

Uroveň izolace	Varianta	Finální energetická náročnost [kWh/a]							Výstup FV [kWh/a]				Bilance síť-budova [kWh/a]						Náklady na energii [€/a]				Primární energetická náročnost [kWh/a]													
		HVAC					Domácnost	Σ plyn	Σ elektřina	Výstup celkem	Použitý v budově HVAC	Domácnost ^b	Výkup	Plyn Čerpaný	Elektřina na základě				Plyn	Čerpaná HVAC	Dom.	Na výkup	Celkem	Čerpaná energie (pouze HVAC)		Doplňující výstup FV		Celkem								
		Výroba tepla		Příslušenství											okamžitých hodnot		roční bilance							Čerpaná HVAC	Dom.	Čerpaná HVAC	Dom.	Na výkup	Plyn	Elektr.	Dom.	Čerpaná	Pouze HVAC	s bonusem na domácnost	s bonusem na výkup	s bonusem na domácnost a výkup
		R ^a	W ^a	R ^a	W ^a	V ^{a,b}									Čerpaná	Na výkup	Čerpaná	Na výkup																		
Vysoká	1 kotel + nádrž na teplou vodu	8.137	3.810	300	123	342	5.925	11.946	6.691	7.256	165	1.947	5.144	11.946	601	3.978	5.144	0	0	565	1.039	77	509	-26	1.600	11.946	962	-6.365	-8.231	12.909	6.544	4.678	-1.687			
	2 ASPH + nádrž na teplou vodu	2.416	1.702	173	43	342	5.925	0	10.603	7.256	1.282	1.947	4.027	0	3.395	3.978	4.027	1.476	1.870	0	0	435	509	-20	924	0	5.432	-6.365	-6.442	5.432	-933	-1.011	-7.376			
	3 ASHP + průt. ohřivač + baterie	2.972	1.651	293	0	342	5.925	0	11.184	7.256	1.318	3.086	2.853	0	3.941	2.840	2.853	1.847	2.081	0	0	504	363	-14	854	0	6.305	-4.544	-4.565	6.305	1.761	1.740	-2.803			
	4 EUFH + ohř. vody s tep. čerpadlem	8.266	1.493	0	43	342	5.925	0	16.070	7.256	1.603	1.892	3.761	0	8.541	4.033	3.761	5.564	3.250	0	0	1.093	516	-19	1.591	0	13.666	-6.453	-6.017	13.666	7.213	7.649	1.196			
	5 EUFH + elek. nádrž na teplou vodu	8.426	3.527	0	37	342	5.925	0	18.257	7.256	2.568	1.865	2.823	0	9.763	4.061	2.823	7.430	3.570	0	0	1.250	520	-14	1.755	0	15.621	-6.497	-4.517	15.621	9.124	11.104	4.607			
	6 EUFH + elektrická nádrž na teplou vodu + baterie	8.426	3.527	0	37	342	5.925	0	18.257	7.256	3.269	2.569	1.418	0	9.062	3.356	1.418	7.430	3.570	0	0	1.160	430	-7	1.582	0	14.500	-5.370	-2.269	14.500	9.130	12.231	6.862			
	7 EUFH + průt. ohřivač + baterie	9.916	1.651	0	0	342	5.925	0	17.836	7.256	1.773	2.617	2.867	0	10.137	3.309	2.867	7.065	3.515	0	0	1.298	424	-14	1.707	0	16.220	-5.294	-4.587	16.220	10.926	11.633	6.339			
velmi vysoká	1 kotel + nádrž na teplou vodu	5.659	3.839	287	128	342	5.925	9.497	6.683	7.256	164	1.947	5.145	9.497	594	3.978	5.145	0	0	573	826	76	509	-26	1.386	9.497	950	-6.365	-8.232	10.448	4.083	2.216	-4.149			
	2 ASPH + nádrž na teplou vodu	1.679	1.699	138	43	342	5.925	0	9.828	7.256	1.125	1.947	4.184	0	2.777	3.978	4.184	1.021	1.550	0	0	355	509	-21	844	0	4.443	-6.365	-6.694	4.443	-1.922	-2.250	-8.615			
	3 ASHP + průt. ohřivač + baterie	2.180	1.650	259	0	342	5.925	0	10.358	7.256	1.181	3.209	2.866	0	3.251	2.716	2.866	1.327	1.774	0	0	416	348	-14	750	0	5.202	-4.346	-4.586	5.202	856	616	-3.730			
	4 EUFH + ohř. vody s tep. čerpadlem	5.749	1.490	0	43	342	5.925	0	13.551	7.256	1.365	1.929	3.962	0	6.260	3.996	3.962	3.542	2.752	0	0	801	511	-20	1.293	0	10.017	-6.394	-6.339	10.017	3.623	3.678	-2.716			
	5 EUFH + elek. nádrž na teplou vodu	5.894	3.522	0	37	342	5.925	0	15.721	7.256	2.395	1.911	2.951	0	7.400	4.015	2.951	5.274	3.190	0	0	947	514	-15	1.446	0	11.840	-6.424	-4.721	11.840	5.416	7.119	695			
	6 EUFH + elektrická nádrž na teplou vodu + baterie	5.894	3.522	0	37	342	5.925	0	15.721	7.256	3.172	2.715	1.369	0	6.623	3.210	1.369	5.274	3.190	0	0	848	411	-7	1.252	0	10.597	-5.136	-2.191	10.597	5.461	8.407	3.270			
	7 EUFH + průt. ohřivač + baterie	7.273	1.650	0	0	342	5.925	0	15.192	7.256	1.582	2.764	2.910	0	7.684	3.161	2.910	4.840	3.095	0	0	984	405	-15	1.374	0	12.294	-5.058	-4.656	12.294	7.236	7.639	2.581			

^a R: Pokojové vytápění, W: Ohřev vody, V: Ventilace

^b Ventilací systém je nakonfigurován pouze na provoz vytápění v sezóně. Proto energetická náročnost ventilace závisí na (vypočtené) délce topné sezóny.

Nákladová bilance

Následující tabulky ukazují zleva doprava tyto výsledky:

- Investiční náklady související s HVAC (viz. 2.8.3)
- Kapitálové náklady na rok na základě 3 % úrokové sazby a běžné životnosti
- Náklady na energii za rok na základě roční bilance síť – budova pro Nizozemí a na základě okamžitých hodnot pro všechny ostatní země
- Provozní náklady za rok
 - o Pravidelné inspekce a údržba, pojištění
 - o Opravy nepokryté pravidelnou údržbou (zprůměrováno za dobu životnosti)
- Celkové roční náklady

Tabulka 26 Nákladová bilance, Německo

Teplená izolace	Varianta	Investiční náklady	Roční náklady				Celkem
			Kapitál	Energie	Údržba apod.	Opravy	
Vysoká	1 kotel + nádrž na teplou vodu	47.700 €	2.574 €/a	1.008 €/a	456 €/a	301 €/a	4.339€/a
	2 ASPH + nádrž na teplou vodu	50.400 €	2.939 €/a	790 €/a	415 €/a	310 €/a	4.454€/a
	3 ASHP + průtokový ohřívač + baterie	56.350 €	3.277 €/a	634 €/a	405 €/a	282 €/a	4.598€/a
	4 EUFH + ohřívač vody s tepelným čerpadlem	38.850 €	2.205 €/a	1.432 €/a	315 €/a	149 €/a	4.101€/a
	5 EUFH + elektrická nádrž na teplou vodu	36.850 €	2.048 €/a	1.751 €/a	290 €/a	129 €/a	4.218€/a
	6 EUFH + elektrická nádrž na teplou vodu + baterie	46.150 €	2.582 €/a	1.540 €/a	290 €/a	129 €/a	4.541€/a
	7 EUFH + průtokový ohřívač + baterie	43.650 €	2.445 €/a	1.507 €/a	280 €/a	110 €/a	4.342€/a
Velmi vysoká	1 kotel + nádrž na teplou vodu	47.700 €	2.574 €/a	895 €/a	456 €/a	301 €/a	4.226€/a
	2 ASPH + nádrž na teplou vodu	49.900 €	2.903 €/a	707 €/a	415 €/a	305 €/a	4.329€/a
	3 ASHP + průtokový ohřívač + baterie	55.850 €	3.240 €/a	528 €/a	405 €/a	277 €/a	4.450€/a
	4 EUFH + ohřívač vody s tepelným čerpadlem	38.850 €	2.205 €/a	1.139 €/a	315 €/a	149 €/a	3.808€/a
	5 EUFH + elektrická nádrž na teplou vodu	36.850 €	2.048 €/a	1.453 €/a	290 €/a	129 €/a	3.920€/a
	6 EUFH + elektrická nádrž na teplou vodu + baterie	46.150 €	2.582 €/a	1.207 €/a	290 €/a	129 €/a	4.208€/a
	7 EUFH + průtokový ohřívač + baterie	43.650 €	2.445 €/a	1.163 €/a	280 €/a	110 €/a	3.997€/a

Tabulka 27 Nákladová bilance, Česká republika

Teplená izolace	Varianta	Investiční náklady	Roční náklady				
			Kapitál	Energie	Údržba apod.	Opravy	Celkem
Vysoká	1 kotel + nádrž na teplou vodu	39.140 €	2.093 €/a	856 €/a	359 €/a	247 €/a	3.555€/a
	2 ASPH + nádrž na teplou vodu	41.680 €	2.413 €/a	392 €/a	337 €/a	260 €/a	3.402€/a
	3 ASHP + průtokový ohřívač + baterie						
	4 EUFH + ohřívač vody s tepelným čerpadlem	30.420 €	1.721 €/a	874 €/a	251 €/a	112 €/a	2.959€/a
	5 EUFH + elektrická nádrž na teplou vodu	28.160 €	1.555 €/a	1.046 €/a	231 €/a	90 €/a	2.921€/a
	6 EUFH + elektrická nádrž na teplou vodu + baterie	35.600 €	1.982 €/a	924 €/a	231 €/a	90 €/a	3.227€/a
	7 EUFH + průtokový ohřívač + baterie						
Velmi vysoká	1 kotel + nádrž na teplou vodu	39.140 €	2.093 €/a	743 €/a	359 €/a	247 €/a	3.442€/a
	2 ASPH + nádrž na teplou vodu	41.280 €	2.384 €/a	335 €/a	337 €/a	256 €/a	3.312€/a
	3 ASHP + průtokový ohřívač + baterie						
	4 EUFH + ohřívač vody s tepelným čerpadlem	30.420 €	1.721 €/a	655 €/a	251 €/a	112 €/a	2.739€/a
	5 EUFH + elektrická nádrž na teplou vodu	28.160 €	1.555 €/a	825 €/a	231 €/a	90 €/a	2.700€/a
	6 EUFH + elektrická nádrž na teplou vodu + baterie	35.600 €	1.982 €/a	689 €/a	231 €/a	90 €/a	2.992€/a
	7 EUFH + průtokový ohřívač + baterie						

a Průtokové ohřívače vody nejsou v ČR běžné, protože základní ceny elektřiny závisí na požadavku stavby na proudovou intenzitu. Proto nejsou zobrazeny žádné náklady/ceny u variant s průtokovým ohřívači vody (3, 6).

Tabulka 28 Nákladová bilance, Francie

Teplená izolace	Varianta	Investiční náklady	Roční náklady				
			Kapitál	Energie	Údržba apod.	Opravy	Celkem
Vysoká	1 kotel + nádrž na teplou vodu	45.270 €	2.472 €/a	484 €/a	378 €/a	215 €/a	3.549€/a
	2 ASPH + nádrž na teplou vodu	54.680 €	3.167 €/a	21 €/a	410 €/a	288 €/a	3.886€/a
	3 ASHP + průtokový ohřívač + baterie	60.680 €	3.482 €/a	-60 €/a	385 €/a	249 €/a	4.056€/a
	4 EUFH + ohřívač vody s tepelným čerpadlem	39.600 €	2.162 €/a	239 €/a	265 €/a	92 €/a	2.758€/a
	5 EUFH + elektrická nádrž na teplou vodu	37.200 €	1.983 €/a	462 €/a	242 €/a	68 €/a	2.755€/a
	6 EUFH + elektrická nádrž na teplou vodu + baterie	47.200 €	2.557 €/a	385 €/a	242 €/a	68 €/a	3.252€/a
	7 EUFH + průtokový ohřívač + baterie	46.750 €	2.544 €/a	249 €/a	239 €/a	65 €/a	3.097€/a
Velmi vysoká	1 kotel + nádrž na teplou vodu	45.270 €	2.472 €/a	391 €/a	378 €/a	215 €/a	3.456€/a
	2 ASPH + nádrž na teplou vodu	54.680 €	3.167 €/a	-11 €/a	419 €/a	288 €/a	3.863€/a
	3 ASHP + průtokový ohřívač + baterie	60.680 €	3.482 €/a	-97 €/a	393 €/a	249 €/a	4.026€/a
	4 EUFH + ohřívač vody s tepelným čerpadlem	39.600 €	2.162 €/a	134 €/a	265 €/a	92 €/a	2.653€/a
	5 EUFH + elektrická nádrž na teplou vodu	37.200 €	1.983 €/a	356 €/a	242 €/a	68 €/a	2.649€/a
	6 EUFH + elektrická nádrž na teplou vodu + baterie	47.200 €	2.557 €/a	267 €/a	242 €/a	68 €/a	3.135€/a
	7 EUFH + průtokový ohřívač + baterie	46.750 €	2.544 €/a	127 €/a	239 €/a	65 €/a	2.975€/a

Tabulka 29 Nákladová bilance, Nizozemí

Teplná izolace	Varianta	Investiční náklady	Roční náklady				
			Kapitál	Energie	Údržba apod.	Opravy	Celkem
Vysoká	1 kotel + nádrž na teplou vodu	43.750 €	2.347 €/a	527 €/a	422 €/a	301 €/a	3.597€/a
	2 ASPH + nádrž na teplou vodu	46.450 €	2.712 €/a	-36 €/a	381 €/a	310 €/a	3.367€/a
	3 ASHP + průtokový ohřívač + baterie	52.400 €	3.050 €/a	-25 €/a	371 €/a	282 €/a	3.677€/a
	4 EUFH + ohřívač vody s tepelným čerpadlem	34.900 €	1.978 €/a	380 €/a	281 €/a	149 €/a	2.789€/a
	5 EUFH + elektrická nádrž na teplou vodu	32.900 €	1.821 €/a	853 €/a	256 €/a	129 €/a	3.059€/a
	6 EUFH + elektrická nádrž na teplou vodu + baterie	42.200 €	2.355 €/a	853 €/a	256 €/a	129 €/a	3.593€/a
	7 EUFH + průtokový ohřívač + baterie	39.700 €	2.218 €/a	578 €/a	246 €/a	110 €/a	3.151€/a
Velmi vysoká	1 kotel + nádrž na teplou vodu	43.750 €	2.347 €/a	424 €/a	422 €/a	301 €/a	3.494€/a
	2 ASPH + nádrž na teplou vodu	45.950 €	2.676 €/a	-54 €/a	381 €/a	305 €/a	3.308€/a
	3 ASHP + průtokový ohřívač + baterie	51.900 €	3.014 €/a	-44 €/a	371 €/a	277 €/a	3.617€/a
	4 EUFH + ohřívač vody s tepelným čerpadlem	34.900 €	1.978 €/a	118 €/a	281 €/a	149 €/a	2.527€/a
	5 EUFH + elektrická nádrž na teplou vodu	32.900 €	1.821 €/a	589 €/a	256 €/a	129 €/a	2.795€/a
	6 EUFH + elektrická nádrž na teplou vodu + baterie	42.200 €	2.355 €/a	589 €/a	256 €/a	129 €/a	3.329€/a
	7 EUFH + průtokový ohřívač + baterie	39.700 €	2.218 €/a	303 €/a	246 €/a	110 €/a	2.876€/a

Tabulka 30 Nákladová bilance, Švédsko

Teplná izolace	Varianta	Investiční náklady	Roční náklady				
			Kapitál	Energie	Údržba apod.	Opravy	Celkem
Vysoká	1 kotel + nádrž na teplou vodu	47.700 €	2.574 €/a	1.600 €/a	456 €/a	301 €/a	4.930€/a
	2 ASPH + nádrž na teplou vodu	50.400 €	2.939 €/a	924 €/a	415 €/a	310 €/a	4.587€/a
	3 ASHP + průtokový ohřívač + baterie	56.350 €	3.277 €/a	854 €/a	405 €/a	282 €/a	4.817€/a
	4 EUFH + ohřívač vody s tepelným čerpadlem	38.850 €	2.205 €/a	1.591 €/a	315 €/a	149 €/a	4.260€/a
	5 EUFH + elektrická nádrž na teplou vodu	36.850 €	2.048 €/a	1.755 €/a	290 €/a	129 €/a	4.222€/a
	6 EUFH + elektrická nádrž na teplou vodu + baterie	46.150 €	2.582 €/a	1.582 €/a	290 €/a	129 €/a	4.583€/a
	7 EUFH + průtokový ohřívač + baterie	43.650 €	2.445 €/a	1.707 €/a	280 €/a	110 €/a	4.541€/a
Velmi vysoká	1 kotel + nádrž na teplou vodu	47.700 €	2.574 €/a	1.386 €/a	456 €/a	301 €/a	4.716€/a
	2 ASPH + nádrž na teplou vodu	49.900 €	2.903 €/a	844 €/a	415 €/a	305 €/a	4.466€/a
	3 ASHP + průtokový ohřívač + baterie	55.850 €	3.240 €/a	750 €/a	405 €/a	277 €/a	4.671€/a
	4 EUFH + ohřívač vody s tepelným čerpadlem	38.850 €	2.205 €/a	1.293 €/a	315 €/a	149 €/a	3.962€/a
	5 EUFH + elektrická nádrž na teplou vodu	36.850 €	2.048 €/a	1.446 €/a	290 €/a	129 €/a	3.913€/a
	6 EUFH + elektrická nádrž na teplou vodu + baterie	46.150 €	2.582 €/a	1.252 €/a	290 €/a	129 €/a	4.253€/a
	7 EUFH + průtokový ohřívač + baterie	43.650 €	2.445 €/a	1.374 €/a	280 €/a	110 €/a	4.208€/a